# Permeabilitätsstudien an Lebermoosen

Von Dr. Maria Erika Pecksieder

Mit 4 Textabbildungen

(Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 26. Juni 1947)

## Inhalt.

I. Einleitung . . . . . . 521
II. Material und Methodik . 525
III. Versuche:
1. Harnstoffpermeabilität der Lebermoose . . . . . . . 527
2. Vergleich der Harnstoff- mit der Methylharnstoff- und Glyzerinpermeabilität . 539
a) Harnstoff-Typus 540
b) Glyzerin-Typus . . . . . . . . . . . . 546
3. Rapide Harnstoffdurchlässigkeit bei Chiloscyphus . . . 553
4. Beobachtungen über Altersgradienten der Plasmapermeabilität 565
a) Harnstoffpermeabilität . . 567
b) Methylharnstoffpermeabilität 572
c) Glyzerinpermeabilität 574
IV. Rückblick und Zusammenfassung 577
Literatur 580

## I. Einleitung.

Die Permeabilitätsforschung ist zu einem wichtigen Zweige der Protoplasmatik geworden. Sie hat uns bereits bedeutsame Ergebnisse gezeitigt, welche einen gewissen Einblick in die Vorgänge des Stoffwechsels der Zellen, aber auch in den Feinbau des lebenden Plasmas bzw. seiner Grenzschichten geben können.

Was die Permeabilität normalen Plasmas für Nichtleiter betrifft, hat Klebs (1887) diese für Glyzerin zuerst nachgewiesen. De Vries hat sich bei der Feststellung der isotonischen Koeffizienten eingehend mit der Glyzerinpermeabilität befaßt (1888)

und hat das Permeiervermögen des Harnstoffes entdeckt (1889). Overton hat sodann als erster die Erforschung der Plasmadurchlässigkeit auf breitester Grundlage in Angriff genommen (1895, 1899). Er prüfte eine große Zahl von Verbindungen und Objekten pflanzlicher und tierischer Natur und fand eine überraschende Einheitlichkeit betreffs der Permeabilität der so ungleichartigen Objekte. Das ungleich schnelle Eindringen der verschiedenen Stoffe versuchte er durch seine Lipoidtheorie zu erklären. Nach dieser hängt die Schnelligkeit der Permeation der einzelnen Verbindungen von ihrer Lipoidlöslichkeit ab. Er hat als erster die Stoffe nach ihrer Durchtrittsgeschwindigkeit in eine Reihe gebracht, von der er glaubte, daß sie für alle pflanzlichen und tierischen Plasmen Geltung habe.

Im Gegensatz zu Overton, der eine Lösungspermeabilität annahm, faßte Ruhland (1912, 1914; Ruhland und Hoffmann 1925) den Plasmaschlauch als Ultrafilter auf und kam zu dem Schluß, daß die Schnelligkeit des Eindringens von der verschiedenen Teilchengröße abhängig ist. Durch diese Theorie lassen sich jedoch nicht alle, besser gesagt, nur wenige Permeabilitätsunterschiede erklären. Schönfelder (1931) stellte daher zwei Reihen von Stoffen auf: „lipoidlösliche“ und „indifferent-lipoidlösliche“, innerhalb deren jeder das Ultrafilterprinzip Geltung haben sollte. Auch diese Theorie konnte der Kritik Colanders nicht standhalten.

Collander (1930, 1932, 1937, 1942; Collander und Bärlund 1926, 1933) sieht wieder in der Lipoidlöslichkeit den wichtigeren Faktor, während das Ultrafilterprinzip nur bei der Permeation kleinmolekularer Verbindungen eine wesentliche Rolle spielt. Es hat sich gezeigt, daß diese letzteren schneller permeieren, als ihrer Öllöslichkeit entspricht. Sie dringen auf dem Porenwege ein[1]. Collander kombinierte also diese beiden wichtigsten Theorien und stellte die Lipoidfiltertheorie auf, welche die heute bekannten Tatsachen wohl am besten erklärt. Collander und Bärlund (1933, S. 89, Tabelle 11; S. 90, Tabelle 12) haben die Verteilungskoeffizienten, außer für Äther / Wasser, auch für Olivenöl / Wasser und für ein Öl-Ölsäuregemisch / Wasser exakt bestimmt und annähernde Proportionalität zwischen den Permeationskonstanten und den Verteilungskoeffizienten Öl / Wasser für viele Verbindungen nachgewiesen.

[1] Es muß auffallen, daß Dawson und Danielli (1943) in einer Permeabilitätsmonographie jüngeren Datums die Porenpermeation und die Ultrafilterwirkung des Protoplasmas ganz in Abrede stellen oder jedenfalls zu bezweifeln scheinen.

Höfler und Stiegler haben 1930 (S. 507) den Begriff der „spezifischen Permeabilitätsreihen" geprägt und die Messung der Reihen selbst bereits an mehreren Pflanzen und an verschiedenen Zellsorten der gleichen Pflanzen durchgeführt (Höfler und Stiegler 1921, 1930; Huber und Höfler 1930; Höfler 1934, 1936, 1937). Dieser Anregung folgten verschiedene andere Forscher: Wilbrand 1931; Zehetner 1934; Hofmeister 1935, 1938; Marklund 1936; Schmidt H. 1933, 1936, 1939; Elo 1937, 1939; Bogen 1938, 1940, 1941; Ganzinger 1939; Kreuz 1941, Rottenburg W. 1943. Es zeigte sich, daß ein großer Teil der bisher untersuchten Objekte dem „Harnstofftypus" und einige wenige dem „Glyzerintypus" angehören. Beim Harnstofftypus ist die Permeabilität für Harnstoff wesentlich, also mindestens 2mal höher als für Glyzerin. Der Glyzerintypus hingegen zeigt schnellere Permeation des Glyzerins oder mindestens gleich schnelles Eindringen der beiden Stoffe.

Man hat weiterhin Unterschiede in den Permeationsreihen gefunden, zu deren Erklärung die bisherigen Theorien nicht ausreichten. Höber und Wilbrand (1931) beobachteten, daß das Permeiervermögen für Verbindungen, welche Aminogruppen enthalten, sich von Objekt zu Objekt gleichsinnig ändert. Sie sprechen von einer „gruppengebundenen Löslichkeit". Man kann daher einen „amidophilen" und einen „amidophoben" Typus unterscheiden, welche im großen und ganzen dem Harnstoff- und Glyzerintypus entsprechen. Während man früher wohl eine weitgehend gleiche Zusammensetzung und Struktur verschiedener Plasmen annahm, mußte man nun an Verschiedenheiten in dieser Hinsicht denken. Collander und Bärlund konnten Höbers Deutung (1926) von der verschiedenen Azidität der Plasmalipoidgemische durch ihre Modellversuche mit dem bereits erwähnten Öl-Ölsäuregemisch bestätigen. Der Zusatz von Ölsäure zum Olivenöl erhöht stark die Löslichkeit von Amiden sowie die des Urotropins. Der amidophile Typus beruht also nach dieser Vorstellung auf einer hohen Azidität der Plasmalipoide.

Außer dem Normaltypus der Permeabilitätsreihen, den Höfler als Chara-Majanthemum-Typus (1942) bezeichnete, zeigte sich bei den Stengelepidermiszellen von Gentiana Sturmiana und anderen Stengelepidermen (Höfler und Stiegler 1921, 1930) extrem hohe Harnstoffpermeabilität. Während beim Normaltypus Methylharnstoff viel schneller permeiert als Harnstoff, dringt letzterer beim „Gentiana-Sturmiana-Typus" (Höfler 1942, S. 186) wesentlich rascher ein. Trauben- und Rohrzucker permeieren in beiden Fällen gleich langsam. Das Plasma der zum

Sturmianatypus gehörigen Zellsorten ist also nicht generell als hochpermeabel zu bezeichnen. Die Permeationswerte der einzelnen Verbindungen rücken vielmehr in den Reihen weit auseinander, indem z. B. der Harnstoff mehr als 2000mal schneller durch das Plasma dringt als der Rohrzucker (Höfler 1926, 1942).

Permeabilitätsreihen ganz anderer Art haben Ruhland und Hoffmann (1925) an Beggiatoa, Marklund (1936), Elo (1937) und Höfler (1940) für Diatomeen festgestellt. Bei Beggiatoa tritt die Porenpermeabilität in den Vordergrund, bei den Diatomeen rücken die Permeationskonstanten der verschiedenen Verbindungen in eine Größenordnung zusammen. Höfler spricht von einem „Beggiatoa"- und einem „Diatomeentypus" (1942, S. 186). Ein vierter Sonderfall ist der „Rhoeotypus", der sich durch besonders hohe Glyzerinpermeabilität auszeichnet.

Nach diesem kurzen Überblick über die Grundtatsachen, von denen die vergleichende Permeabilitätsforschung ihren Ausgang nahm, möchte ich zu der Besprechung meiner eigenen Versuche übergehen.

Von den meisten Forschern, die vergleichend gearbeitet haben, wurden Objekte aus verschiedenen Gruppen des Pflanzenreiches untersucht (Hofmeister 1935, Marklund 1936, Elo 1937, Bonte 1934, Hurch 1933 u. a). Ich habe mir das Ziel gesetzt, sehr zahlreiche Arten aus einer natürlichen systematischen Gruppe vergleichend zu untersuchen. Es wurden die Lebermoose gewählt, deren aus einer einzigen Zellschicht bestehende Blättchen sich als besonders günstige zellphysiologische Objekte erwiesen.

Die Fragestellung lautet: Sind bei ihnen verschiedene Typen und etwa auch die erwähnten Sondertypen der Permeabilitätsreihen vertreten?

Ich widmete übrigens einen großen Teil meiner Versuche der Harnstoffpermeabilität, um zunächst zu prüfen, ob ihre Größe einheitlich ist oder nicht, und habe nur bei einem Teil der untersuchten Objekte auch andere wichtige Glieder der Permeabilitätsreihen in den Kreis der Untersuchungen gezogen. Als solche kamen vor allem Methylharnstoff, Glyzerin, in einem Fall auch Erythrit und Traubenzucker in Frage. Am wichtigsten war es mir, das Fundament breit zu legen und zahlreiche Gattungen und Arten der vergleichenden Permeabilitätsforschung zugänglich zu machen, wobei die Feststellung voller, vielgliedriger Permeabilitätsreihen für Einzelobjekte späterer Untersuchung überlassen bleiben mußte.

## II. Material und Methodik.

Viele Lebermoose eignen sich vorzüglich für zellphysiologische Untersuchungen und im besonderen auch für plasmometrische Messungen. Bei den foliosen Arten ist es nicht nötig, Schnitte anzufertigen, da die Blättchen aus einer einzigen Zellschicht bestehen; traumatische Schädigungen bleiben dadurch vermieden. Eine den Stoffdurchtritt hindernde Kutikula, wie sie bei den Laubmoosen auftritt, ist bei den foliosen Lebermoosen nicht vorhanden. Die Viskosität des Protoplasmas ist gewöhnlich gering, wodurch bei Plasmolyse baldige Abrundung der Protoplaste eintritt. Die Stämmchen wurden im frischen, wassergesättigten Zustand in die Lösung eingetragen und eine Wässerung erübrigte sich. Die Zellgröße ist allerdings gering und es hat meist nur ein Teil der Zellen annähernd zylindrische Form. Bei etlichen Lebermoosarten finden sich jedoch, vor allem an der Blattbasis, etwas gestreckte, für die Messung sehr gut verwendbare Zellen. Die Möglichkeit der leichten Kultivierung der Lebermoose ist ein weiterer bemerkenswerter Vorzug. Die Kultur erfolgte in dicht schließenden Glasdosen oder bei kleineren Proben in Glasfläschchen, die in Nordfenstern des Wiener Pflanzenphysiologischen Institutes aufgestellt wurden. Die Moose wurden, je nach der Herkunft von Silikat- oder Kalkgestein, mit destilliertem oder Wiener Leitungswasser feuchtgehalten. Den größten Teil des Materials habe ich selbst gesammelt. Die Fundorte waren der Wiener Wald bei Rekawinkel an der Westbahn (NÖ.), der Zießgraben bei Gleißenfeld an der Aspangbahn (Bucklige Welt, NÖ.), am Gollinger Wasserfall (Salzburg), und im Kesselgraben-Höllental (Raxgebiet, NÖ.). Professor Höfler verdanke ich mehrere Moose aus der Bayreuther Umgebung und aus Golling[2]. Prof. K. Müller und Prof. Lorbeer bin ich für schöne Moossendungen aus dem Schwarzwald dankbar. Viele der Moosexkursionen unternahm ich gemeinsam mit Frau Dr. Will-Richter. Ihre Bestimmungen der osmotischen Werte (1944) und meine Permeabilitätsmessungen beziehen sich in diesen Fällen auf dasselbe Material. — Die Einbringung der Moose erfolgte in Fläschchen, Glasdosen oder Blechbüchsen.

Im Gang meiner Untersuchungen hatte ich Gelegenheit, mich in die Formenwelt der Lebermoose gründlich einzuarbeiten. Ich war also als Physiologin in der Lage, mein Material stets selbst

[2] Über die ökologischen Verhältnisse der Moosstandorte im Gollinger Revier berichten Herzog und Höfler (1944).

zu beschaffen und im Freiland zu erkennen. Zur Einarbeitung in die Formenwelt diente mir vor allem Müllers Werk (1912, 1938), Macvicars Handbook (1912) und auch Schiffners großes Exsikkatenwerk (1901—1941).

Zur Versuchsmethodik. **Die plasmometrische Methode** von Höfler (1918 a, b, c; 1934 a, b] ermöglicht quantitative Wertbestimmung und ist außerdem bei einer sehr großen Anzahl von Objekten anwendbar. Grundbedingung für ihre Verwendbarkeit ist annähernd zylindrische Gestalt der Zellen und vollkommene Abrundung der Protoplaste. Sie wurde bereits vielfach mit sehr gutem Erfolg angewandt.

Es liegen mehrfach ausführliche Darstellungen dieser Methode vor (Höfler 1918 c, 1934 b; Hofmeister 1935; Strugger 1935; Kreuz 1941). Hier braucht daher nur die Bedeutung der angewandten Symbole wiedergegeben werden.

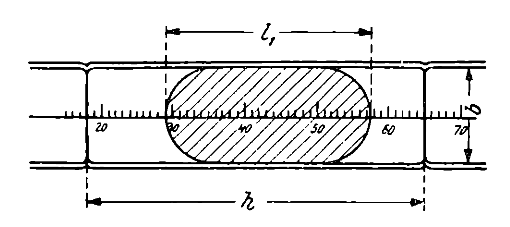



Abb. 1. (Erklärung untenstehend.)

$l_1$, $l_2$, $l_3$ ... sind die Längen des Protoplasten in den aufeinanderfolgenden Messungen.

h = die innere Länge der Zelle.

b = die innere Breite der Zelle.

G der Plasmolysegrad wird berechnet aus $\frac{l - \frac{b}{3}}{h}$.

$G_2 - G_1$ = die Differenz der Plasmolysegrade.

$\Delta G$ = die Änderung des Plasmolysegrades pro Stunde, $\delta g$ pro Minute.

M = die mittlere Stoffaufnahme des Protoplasten pro Stunde. Sie wird berechnet: $M = \Delta G \cdot C$., wobei

C die Konzentration des Plasmolytikums bedeutet.

c = die jeweilige Konzentration des Plasmolytikums im Zellsaft. Sie wird durch Extrapolation aus der Stoffaufnahme während des zu wertenden Intervalls näherungsweise bestimmt (Höfler 1934, Hofmeister 1935).

Die Angabe von c in Mol bezieht sich nach A s c h i d a (vgl. K r e u z 1941, S. 4; R o t t e n b u r g 1943, S. 232) auf den Innenraum der entspannten Zelle und nicht auf den des plasmolysierten Protoplasten. Für die Permeation ist aber die Konzentration im Innenraum des plasmolysierten Protoplasten maßgebend, daher wird auf den mittleren Plasmolysegrad des gewerteten Intervalles $\frac{G_1 + G_2}{2}$ umgerechnet und c durch diesen Wert dividiert. Daraus ergibt sich die Permeationskonstante des Protoplasten für die betreffende Verbindung:

$$P' = \frac{M}{C - \frac{2c}{G_1 + G_2}}$$

Die Permeationskonstante P des Protoplasmas (C o l l a n d e r und B ä r l u n d 1933) läßt sich aus P′ durch Reduktion auf die Oberflächeneinheit des Protoplasten ermitteln (vgl. E l o 1939).

Die L ö s u n g e n: Es kamen vor allem Harnstoff-, Methylharnstoff- und Glyzerinlösungen zur Anwendung. Traubenzucker wurde zur Nachplasmolyse benützt. In einem Fall wurde auch die Durchlässigkeit für Traubenzucker und Erythrit geprüft.

Die Lösungen stellte ich volumnormal in Meßkolben her. Sie gelangten in kleinen Pulvergläschen mit eingeschliffenem Glasstöpsel zur Verwendung. Die Verdünnung erfolgte mit Meßpipetten. Als Lösungsmittel diente einfach destilliertes Wasser. Es wurden folgende chemische Präparate benützt: Harnstoff (E. Merck), Methylharnstoff, reinst (Schering-Kahlbaum), Glyzerin (E. Merck), Erythrit (E. Merck).

# III. Versuche.

## 1. Harnstoffpermeabilität der Lebermoose.

Ich sah meine erste Aufgabe darin, die Größe der Harnstoffpermeabilität für zahlreiche Lebermoosarten in exakten Messungen vergleichend festzustellen. Im folgenden gebe ich meine diesbezüglichen Versuche mit ihrer zahlenmäßigen Auswertung in systematischer Folge wieder. Die Reihenfolge entspricht dem System von K. M ü l l e r (1938). Für drei herausgegriffene Objekte seien die Messungen der Originalprotokolle wiedergegeben. Für die folgenden begnüge ich mich aus Raumgründen mit einer gekürzten Form der Darstellung, wobei für h, b, $l_1$, $l_2$ . $l_2$—$l_1$ nur Mittelwerte angegeben werden.

*Aplozia riparia* (Tayl.) Dum. wächst bei Golling auf leicht überrieseltem Dachsteinkalk. Sie hielt sich in Kultur fast ein Jahr lang in wunderbarer Frische. — Gesammelt am 15. IX. 1943 in Golling.

**Versuch 1.** **1,0 mol Harnstoff** 29. III. 1944.
Eingelegt 15h 58′ 30″. 17. Blättchen. $T = 15\frac{1}{2}^0$ C

| Zelle | h | b | 1. Mess. 16h 59′ bis 17h 05′ | 2. Mess. 17h 59′ bis 18h 05′ | 3. Mess. 18h 59′ bis 19h 05′ | 4. Mess. 19h 59′ bis 20h 05′ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | h | b | $l_1$ | $l_2-l_1$ | $l_3-l_2$ | $l_4-l_3$ |
| 1 | 10,4 | 5,2 | 8,0 | 0,3 | 0,7 | 0,1 |
| 2 | 10,0 | 6,0 | 8,4 | 0,2 | 0,3 | 0,1 |
| 3 | 11,5 | 4,8 | 8,5 | 0,4 | 0,2 | 0,6 |
| 4 | 13,0 | 3,6 | 9,5 | 0,4 | 0,3 | 0,6 |
| 5 | 12,0 | 4,5 | 9,0 | 0,1 | 0,6 | 0,3 |
| 6 | 12,5 | 3,0 | 9,3 | 0,6 | 0,1 | 0,1 |
| 7 | 12,0 | 4,2 | 9,0 | 0,7 | 0,3 | 0,2 |
| 8 | 12,0 | 4,2 | 9,6 | 0,3 | 0,3 | 0,6 |
| 9 | 12,5 | 4,2 | 9,8 | 0,1 | 0,8 | 0,1 |
| 10 | 12,5 | 4,2 | 9,4 | 0,3 | 0,4 | 0,3 |
| 11 | 15,0 | 3,6 | 11,1 | 0,9 | 0,5 | 0,5 |
| 12 | 13,0 | 4,8 | 10,9 | 0,2 | 0,9 | 0,1 |
| 13 | 13,0 | 4,5 | 9,6 | 0,4 | 0,8 | 0,2 |

Mittelwerte: $G_2 - G_1 = 0{,}032$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}032$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0346}$
$G_3 - G_2 = 0{,}039$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}039$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0438}$
$G_4 - G_3 = 0{,}024$ $\Delta G_{3-4} = M_{3-4} = 0{,}024$ $\mathbf{P'_{3-4} = 0{,}0286}$

Die P′-Werte der einzelnen Meßintervalle zeigen beste Übereinstimmung. Nachträgliche Plasmolyse in Traubenzucker bewies, daß alle Zellen bis zur Deplasmolyse vollkommen intakt geblieben waren. Das Zellnetz erweist sich als recht günstig für plasmometrische Messungen. — Die stündliche Verlängerung $l_2-l_1$, $l_3-l_2$ usw. (vgl. Abb. 1, S. 526) läßt deren Permeabilität für den Harnstoff berechnen.

*Lophozia Wenzelii* (Nees) Steph. Das Moos war von Prof. Höfler am 14. VIII. 1943 beim Abstieg von der Schmittenhöhe, in etwa 1100 m Höhe, in einem Fichtenwald an halbschattigem Standort auf Silikatunterlage gesammelt worden. Es hielt sich bei der Kultur in der Glasdose den ganzen Winter über.

**Versuch 2.** **0,8 mol Harnstoff** 27. X. 1943.
Eingelegt 9h 56′. 4. Blättchen. $T = 19^0$ C.

| Zelle | h | b | 1. Messung 10h 24′—30′ | 2. Messung 12h 04′—10′ | 3. Messung 13h 54′—14h 06′ |
|---|---|---|---|---|---|
| | h | b | $l_1$ | $l_2-l_1$ | $l_3-l_2$ |
| 1 | 13,5 | 6,0 | 9,5 | 0,9 | 0,6 |
| 2 | 10,0 | 0,3 | 7,8 | 1,1 | 0,4 |
| 3 | 11,0 | 5,8 | 8,8 | 1,0 | 0,3 |
| 4 | 11,8 | 5,0 | 9,3 | 0,7 | 0,9 |
| 5 | 12,0 | 4,2 | 9,3 | 0,7 | 0,9 |
| 6 | 10,6 | 6,3 | 9,0 | 0,9 | 0,5 |
| 7 | 10,7 | 4,8 | 9,0 | 0,8 | 0,4 |
| 8 | 10,2 | 6,0 | 8,4 | 1,0 | 0,6 |
| 9 | 12,0 | 5,1 | 9,2 | 1,3 | 0,8 |
| 10 | 10,0 | 4,8 | 8,5 | 0,5 | 0,8 |
| 11 | 10,2 | 4,8 | 8,5 | 1,0 | 0,5 |

Mittelwerte:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $G_2-G_1=0{,}064$ | $\Delta G_{1-2}=0{,}0384$ | $M_{1-2}=0{,}0307$ | $P'_{1-2}=$ **0,0419** |
| $G_3-G_2=0{,}0501$ | $\Delta G_{2-3}=0{,}0271$ | $M_{2-3}=0{,}0267$ | $P'_{2-3}=$ **0,0385** |

*Harpanthus Flotovianus* (Nees; vgl. Nees von Esenbeck, 1836, Bd. 2, S. 353) wurde uns aus Freiburg i. Br. geschickt und stammt aus dem Schwarzwald von einem sehr feuchten, schattigen Standort. — Gesammelt 29. IX. 1943.

**Versuch 3.** **1,0 mol Harnstoff** 3. XII. 1943.

Eingelegt $13^h$ 05′. 6. Blättchen. $T=18\frac{1}{2}{}^0$ C.

| Zelle | | | 1. Mess. $13^h$ 38′ bis 42′ | 2. Mess. $14^h$ 50′ bis 55′ | 3. Mess. $16^h$ 23′ bis 38′ | 4. Mess. $17^h$ 28′ bis 24′ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | h | b | $l_1$ | $l_2-l_1$ | $l_3-l_2$ | $l_4-l_3$ |
| 1 | 11,5 | 4,2 | 8,9 | 0,6 | 1,0 | 1,0 |
| 2 | 11,5 | 4,5 | 9,2 | 0,7 | 1,0 | 0,4 |
| 3 | 10,8 | 5,4 | 8,2 | 0,6 | 0,7 | 1,1 |
| 4 | 10,7 | 4,8 | 8,4 | 0,6 | 1,0 | 0,7 |
| 5 | 11,1 | 4,5 | 8,5 | 0,5 | 1,0 | 1,0 |
| 6 | 10,2 | 4,5 | 8,5 | 0,5 | 0,9 | depl. |
| 7 | 12,2 | 5,1 | 9,8 | 1,0 | 1,0 | depl. |
| 8 | 12,3 | 6,0 | 9,2 | 0,6 | 0,7 | 0,6 |
| 9 | 11,3 | 5,7 | 9,0 | 0,3 | 0,7 | 0.6 |
| 10 | 12,8 | 5,1 | 10,2 | 0,6 | 0,6 | 0,5 |

Mittelwerte:

| | | |
|---|---|---|
| $G_2-G_1=0{,}055$ | $\Delta G_{1-2}=M_{1-2}=0{,}0493$ | $P'_{1-2}=$ **0,0542** |
| $G_3-G_2=0{,}075$ | $\Delta G_{2-3}=M_{2-3}=0{,}0464$ | $P'_{2-3}=$ **0,0549** |
| $G_4-G_3=0{,}064$ | $\Delta G_{3-4}=M_{3-4}=0{,}0629$ | $P'_{3-4}=$ **0,0803** |

Die Methylharnstoff- und Glyzerinversuche vom selben Material werden später mitgeteilt. Die Permeationswerte liegen niedrig: P′ beträgt für:

| | |
|---|---|
| Aplozia riparia . . | 0,03 bis 0,044 |
| Lophozia Wenzelii . | 0,04 |
| Harpanthus Flotovianus. | 0,054 bis 0,8 |

Die Werte sind durch die gute Übereinstimmung der aus der Längenausdehnung $l_2-l_1$ zu errechnenden Einzelwerte völlig gesichert.

Eine ähnliche Streuung der Einzelwerte findet sich, wie bekannt, allgemein bei plasmometrischen Versuchen (vgl. z. B. Höfler 1919, Hofmeister 1935). Spätere Intervalle von Deplasmolyse geben oft etwas zu hohe Werte, wenn leichtere Verschmälerung der Zellenden unberücksichtigt bleibt. Ich führe nun die Ergebnisse meiner übrigen Messungen an den zahlreichen untersuchten Lebermoosen in systematischer Folge an:

### *Ordo I Anthocerotales.*

*Anthoceros punctatus, L.* Das Material stammt aus dem Botanischen Garten in München. Der teilweise mehrschichtige Thallus ist gut durchsichtig, und es ist daher nicht nötig, Schnitte anzufertigen. Es wurden die langgestreckten Zellen der „Mittelrippe" gemessen. Ich verwendete die jüngeren, aber erwachsenen Thallusteile.

**Versuch 4.** **0,8 mol Harnstoff** 27. VII. 1944. T = 24° C.

Eing. $10^h 50'$; 1. Mess.: $11^h 35'-41'$; 2. Mess.: $13^h 35'-41'$; 3. Mess.: $15^h 35'-41'$.
Mittelw. (13 Z.): $h = 18{,}35$; $b = 5{,}37$; $l_1 = 11{,}63$; $l_2 - l_1 = 2{,}58$; $l_3 - l_2 = 2{,}67$.
$G_2 - G_1 = 0{,}141$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}7050$ $M_{1-2} = 0{,}0564$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0677}$
$G_3 - G_2 = 0{,}145$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0725$ $M_{2-3} = 0{,}0570$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0684}$

### *Ordo II Marchantiales.*

*Dumortiera hirsuta:* Grundgewebe. Dumortiera h. ist eine tropische Pflanze, die wie Anthoceros p. im Botanischen Garten in München kultiviert wurde. In diesem Falle mußten entlüftete Schnitte verwendet werden. Die Grundgewebszellen übertreffen die Epidermiszellen mehrfach an Größe. Zur Messung der Grundgewebszellen wurden die Schnitte mit der Innenfläche nach oben gelegt. Über der verwendeten Zellschicht befand sich noch eine unverletzte, um traumatische Veränderungen möglichst auszuschalten. Im Grundgewebe sind kleine Zellen mit je einem großen Ölkörper eingestreut. Diese erweisen sich als sehr gute Orientierungspunkte bei der Wiederauffindung der gemessenen Zellen.

**Versuch 5.** **0,4 mol Harnstoff** 1. II. 1944. T = 19½° C.

Eing. $10^h 51'$; 1. Mess.: $11^h 45-51'$; 2. Mess.: $16^h 24'-30'$; 3. Mess.: $17^h 24-30'$.
Mittelw. (8 Z.): $h = 52{,}4$; $b = 14{,}26$; $l_1 = 30{,}82$; $l_2 - l_1 = 3{,}84$; $l_3 - l_2 = 2{,}50$.
$G_2 - G_1 = 0{,}073$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0162$ $M_{1-2} = 0{,}0065$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0185}$
$G_3 - G_2 = 0{,}058$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0580$ $M_{2-3} = 0{,}0232$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0588}$

**Versuch 6.** Derselbe Thallus wie bei Versuch 5; 5 Zellen.
$\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0105}$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0823}$

**Versuch 7** vom 2. II. 1944; T = 19° C; 11 Zellen. $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0615}$.

**Versuch 8** vom 29. III. 1944; T = 17° C; 9 Zellen.
$\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0278}$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0333}$ $\mathbf{P'_{3-4} = 0{,}0358}$

Epidermis der Oberseite.

**Versuch 9.** **0,4 mol Harnstoff** 1. II. 1944. T = 19° C.

Eingelegt $10^h 51'$; 1. Messung: $12^h 29'-33'$; 2. Messung: $14^h 45'-53'$.
Mittelwerte (10 Zellen): $h = 16{,}95$; $b = 6{,}12$; $l_1 = 12{,}67$; $l_2 - l_1 = 1{,}48$.
$G_2 - G_1 = 0{,}075$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0309$ $M_{1-2} = 0{,}0123$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0360}$

## *Ordo III Jungermanniales.*

### *Fam. Pelliaceae.*

*Pellia epiphylla* (L.) Lindberg sammelte ich in Rekawinkel, wo dieses Moos an einem lehmigen Wegrand mit verschiedenen anderen Leber- und Laubmoosen unter jungen Fichten vorkommt. Neben dem Weg verläuft ein seichter Graben. Pellia bevorzugt die am tiefsten gelegenen und daher feuchtesten Stellen dieses kleinen Grabens. — Gesammelt am 8. XI. 1943.

**Versuch 10.** **0,6 mol Harnstoff** 28. III. 1944. $T = 17^0$ C.

Eingelegt $14^h$; einschichtige Randzone im erwachsenen Thallus.

1. Messung: $15^h 55'$—$16^h 01'$; 2. Messung: $18^h 05'$—$11'$; 3. Messung: $18^h 53'$—$56'$.

Mittelw. (9 Z.): $h = 21,7$; $b = 9,6$; $l_1 = 16,3$; $l_2 - l_1 = 4,03$; $l_3 - l_2 = 0,92$.
$G_2 - G_1 = 0,186$ $\Delta G_{1-2} = 0,0859$ $M_{1-2} = 0,0516$ **$P'_{1-2}$ = ca. 0,1126**
$G_3 - G_2 = 0,043$ $\Delta G_{2-3} = 0,0561$ $M_{2-3} = 0,0336$ **$P'_{2-3}$ = ca. 0,0810**

Ein weiterer Versuch (**11**) am Rekawinkler Material ergab (bei Verwendung von 0,8 mol Harnstoff) einen Wert von **$P' = 0,0453$.**

### *Fam. Lophocoleaceae.*

*Chiloscyphus rivularis* (Linné) Corda. Siehe S. 555 ff. und 567 ff.

*Chiloscyphus pallescens* (Loeske). Siehe S. 561.

*Lophocolea heterophylla* (Schrad.) Siehe S. 562.

### *Fam. Lophoziaceae.*

*Lophozia Hornschuchiana* (Nees). Dieses Moos wurde von Prof. Müller am 20. IX. 1942 im Schwarzwald gesammelt.

**Versuch 12 A.** **0,8 mol Harnstoff** 27. X. 1942. $T = 18\frac{1}{2}^0$ C.

Eingelegt $15^h 40'$; 3. Blättchen; 1. Messung: $16^h 50'$—$56'$; 2. Messung: $17^h 25'$—$31'$; 3. Messung: $18^h 09'$—$15'$.

Mittelw. (10 Z.): $h = 17,37$; $b = 7,93$; $l_1 = 13,51$; $l_2 - l_1 = 0,98$; $l_3 - l_2 = 0,63$.
$G_2 - G_1 = 0,058$ $\Delta G_{1-2} = 0,0995$ $M_{1-2} = 0,0796$ **$P'_{1-2} = 0,1290$**
$G_3 - G_2 = 0,036$ $\Delta G_{2-3} = 0,0818$ $M_{2-3} = 0,0655$ **$P'_{2-3} = 0,1245$**

**Versuch 12 B.** **0,8 mol Harnstoff** 27. X. 1942. $T = 18\frac{1}{2}^0$ C.

Eing. $15^h 40'$; 15. Blättchen; 1. Mess.: $16^h 28'$—$36'$; 2. Mess.: $17^h 01'$—$09'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 19,3$; $b = 7,9$; $l_1 = 15,32$; $l_2 - l_1 = 2,78$.
$G_2 - G_1 = 0,129$ $\Delta G_{1-2} = 0,2345$ $M_{1-2} = 0,188$ **$P'_{1-2} = 0,369$**

**Weitere Versuche in 0,8 mol Harnstoff** Blatt P′

| | | Blatt | P′ |
|---|---|---|---|
| **13** | 1. VI. 1942 | 12. | 0,1853<br>0,1573 |
| **14 A** | 8. VI. 1942 | 3. | 0,0588 |
| **14 B** | 8. VI. 1942 | 11. | 0,1510 |

Die Zellen dieses Mooses sind für plasmometrische Messungen sehr gut geeignet. Die P′-Werte liegen hier etwas höher als sonst.

*Lophozia Wenzelii* (Nees) Steph. Siehe S. 528.

*Lophozia Mülleri* (Nees) Dum. Von mir gesammelt in Golling am 15. IX. 1943. Die meist recht langgestreckten, nicht zu kleinen Zellen mit zarten Zellwänden machen sie zu einem sehr günstigen Objekt.

**Versuch 15.** **0,8 mol Harnstoff** 28. X. 1943. T = 18° C.

Eingelegt $15^h$ 19′; 3. Blättchen; 1. Messung: $16^h$ 08′ — 13′; 2. Messung: $17^h$ 10′ — 14′; 3. Messung: $18^h$ 13′ — 17′.

Mittelwerte (11 Zellen): $h = 16{,}75$; $b = 6{,}37$; $l_1 = 11{,}34$; $l_2 - l_1 = 1{,}11$; $l_3 - l_2 = 0{,}59$.

$G_2 - G_1 = 0{,}068$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0600$ $M_{1-2} = 0{,}0480$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0665}$

$G_3 - G_2 = 0{,}034$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0324$ $M_{2-3} = 0{,}0259$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0387}$

*Gymnocolea inflata*, gesammelt am 29. IX. 1943 im Schwarzwald.

**Versuch 16 A.** **1,0 mol Harnstoff** 7. XII. 1943. T = 19° C.

Eingelegt $14^h$ 54′; 6. Blättchen; 1. Messung: $15^h$ 09′ — 15′; 2. Messung: $15^h$ 27′ — 31′; 3. Messung: $16^h$ 28′ — 31′.

Mittelw. (5 Z.): $h = 14{,}2$; $b = 4{,}68$; $l_1 = 12{,}4$; $l_2 - l_1 = 0{,}24$; $l_3 - l_2 = 1{,}3$.

$G_2 - G_1 = 0{,}016$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}0390$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0399}$

$G_3 - G_2 = 0{,}092$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}0905$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0995}$

**Versuch 16 B.** **1,0 mol Harnstoff** 7. XII. 1943. T = 19° C.

Eingelegt $14^h$ 54′. Dasselbe Blatt wie oben.

1. Mess.: $15^h$ 24′ — 27′; 2. Mess.: $16^h$ 22′ — 26′; 3. Mess.: $17^h$ 00′ — 03′.

Mittelw. (5 Z.): $h = 11{,}8$; $b = 4{,}08$ $l_1 = 10{,}0$; $l_2 - l_1 = 0{,}6$; $l_3 - l_2 = 0{,}42$.

$G_2 - G_1 = 0{,}055$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}0577$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0621}$

$G_3 - G_2 = 0{,}037$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}0582$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0671}$

Die älteren Blättchen dieses Mooses besitzen rote, verdickte Zellwände, sind quer gestellt und stehen sehr eng. Sie eignen sich daher kaum zu plasmometrischen Messungen. Verwendet wurden die Blättchen der jüngeren, grünen, in Kultur gewachsenen Triebe. Hier finden sich geeignete Zellen mit zarten Wänden.

*Fam. Nardiaceae.*

*Aplozia crenulata fo. gracillima* (Sum.) Hooker. Sie ist eine Charakterpflanze des Wiener Waldes, ein zierliches kleines Moos, das immer mit anderen Lebermoosen eng vergesellschaftet ist. Zum Messen eignen sich vor allem die Randzellen der Blättchen. Da der Stengel sehr zart und durchsichtig ist, habe ich auch an Stengelzellen eine Messung durchgeführt. — Gesammelt in Rekawinkel am 5. VI. 1942.

**Versuch 17.** **0,8 mol Harnstoff** 11. VI. 1942. $T = 20^0$ C.

Eing. $16^h 19'$; 8. Blättchen; 1. Mess.: $16^h 43'$—$52'$; 2. Mess.: $17^h 15'$—$20'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 12{,}02$; $b = 7{,}48$; $l_1 = 10{,}54$; $l_2 - l_1 = 1{,}89$.

$G_2 - G_1 = 0{,}156$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}312$ $M_{1-2} = 0{,}250$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}446}$

**0,8 mol Harnstoff**

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Versuch 18A.** | 12. VI. 1942 | 1. Blättchen | **P' = 0,1790** |
| **Versuch 18B.** | 12. VI. 1942 | 5. Blättchen | **P' = 0,2830** |
| **Versuch 19.** | 11. VI. 1942 | Stengel | **P' = 0,1812** |

*Aplozia sphaerocarpa* (Hook.) Dum.

**Versuch 20.** **0,8 mol Harnstoff** 26. X. 1943. $T = 18^0$ C.

Eingelegt $14^h 07'$; 6. Blättchen; 1. Messung: $14^h 55'$—$59'$; 2. Messung: $15^h 55'$—$59'$; 3. Messung: $17^h 12'$—$18'$.

Mittelw. (8 Z.): $h = 10{,}0$; $b = 5{,}75$; $l_1 = 7{,}9$; $l_2 - l_1 = 0{,}35$; $l_3 - l_2 = 0{,}6$.

$G_2 - G_1 = 0{,}037$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}037$ $M_{1-2} = 0{,}0296$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0403}$
$G_3 - G_2 = 0{,}060$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}046$ $M_{2-3} = 0{,}0368$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0533}$

*Aplozia cordifolia* (Hook.) Dum. Gesammelt am 29. IX. 1943 im Schwarzwald.

**Versuch 21A.** **1,0 mol Harnstoff** 1. XII. 1943. $T = 18\frac{1}{2}{}^0$ C.

Eingelegt $15^h 03'$; 3. Blättchen; 1. Messung: $15^h 25'$—$29'$; 2. Messung: $16^h 06'$—$10'$; 3. Messung: $16^h 53'$—$59'$; 4. Messung: $19^h 42'$—$46'$.

Mittelwerte (7 Zellen): $h = 12{,}3$; $b = 5{,}4$; $l_1 = 9{,}45$; $l_2 - l_1 = 0{,}24$; $l_3 - l_2 = 0{,}25$; $l_4 - l_3 = 1{,}07$.

$G_2 - G_1 = 0{,}019$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}0278$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0288}$
$G_3 - G_2 = 0{,}021$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}0262$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0282}$
$G_4 - G_3 = 0{,}088$ $\Delta G_{3-4} = M_{3-4} = 0{,}0310$ $\mathbf{P'_{3-4} = 0{,}0406}$

**Versuch 21 B.** **1,0 mol Harnstoff** 1. XII. 1943. $T = 18\frac{1}{2}^0$ C.

Eingelegt $15^h 03'$; 1. Blättchen; 1. Messung: $16^h 14' - 19'$; 2. Messung: $17^h 01' - 04'$; 3. Messung: $19^h 47' - 50'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 13,79$; $b = 5,21$; $l_1 = 9,6$; $l_2 - l_1 = 0,45$; $l_3 - l_2 = 1,17$.

$G_2 - G_1 = 0,023$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,0414$ $P'_{1-2} = \mathbf{0,0481}$
$G_3 - G_2 = 0,085$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,0315$ $P'_{2-3} = \mathbf{0,0386}$

***Aplozia riparia var. rivularis*** stammte aus dem Tal der Lammer bei Golling. Der *Haplozia riparia-Riccardia pinguis*-Verband, dem das Moos entnommen war, wird bei Herzog-Höfler (1944, S. 59) beschrieben. Bei der Kultur wurde auf besondere Feuchtigkeit geachtet. Derselbe Moospolster war noch nach 14 Monaten in voller Frische und Lebensfähigkeit. — Gesammelt: 16. IX. 1943.

**Versuch 22.** **1,0 mol Harnstoff** 12. XI. 1943. $T = 17\frac{1}{2}^0$ C.

Eingelegt $11^h 19'$; 5. Blättchen; 1. Messung: $11^h 56' - 12^h 02'$; 2. Messung: $13^h 02' - 09'$; 3. Messung: $13^h 58' - 14^h 06'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 13,51$; $b = 6,17$; $l_1 = 9,66$; $l_2 - l_1 = 1,15$; $l_3 - l_2 = 1,06$.

$G_2 - G_1 = 0,085$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,0775$ $P'_{1-2} = \mathbf{0,0916}$
$G_3 - G_2 = 0,078$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,0812$ $P'_{2-3} = \mathbf{0,1086}$

Die Werte liegen ganz wenig über dem Durchschnitt.

***Fam. Plagiochilaceae.***

***Pedinophyllum interruptum.*** Siehe S. 575.

***Leptoscyphus anomalus*** (Hook.) Ldbg. Das schöne Material stammte aus dem Torfmoor Seelohe im Fichtelgebirge. Leptoscyphus war mit Calypogeia sphagnicola in einem Moospolster vergesellschaftet. — Ges. 21. X. 1943.

**Versuch 23.** **0,8 mol Harnstoff** 6. XI. 1943. $T = 19^0$ C.

Eingelegt $9^h 34'$; 3. Blättchen; 1. Messung: $9^h 45' - 50'$; 2. Messung: $10^h 26' - 33'$; 3. Messung: $11^h 03' - 09'$.

Mittelwerte (13 Zellen): $h = 21,46$; $b = 9,6$; $l_1 = 16,0$; $l_2 - l_1 = 2,26$; $l_3 - l_2 = 2,26$.

$G_2 - G_1 = 0,107$ $\Delta G_{1-2} = 0,1528$ $M_{1-2} = 0,1221$ $P'_{1-2} = \mathbf{0,1770}$
$G_3 - G_2 = 0,107$ $\Delta G_{2-3} = 0,1735$ $M_{2-3} - 0,1388$ $P'_{2-3} = \mathbf{0,2600}$

Die Harnstoffwerte liegen über dem Durchschnitt.

***Scapania dentata*** Dum. Von den *Scapanien* eignen sich die meisten Arten nicht zu plasmometrischen Versuchen. S. dentata hingegen ist ganz gut verwendbar. Sie wuchs auf einer submersen Granitplatte in dem Bächlein, welches durch das Torfmoor Seelohe fließt und bis auf die Granitunterlage einschneidet. — Gesammelt am 21. X. 1943.

**Versuch 24A.** **1,0 mol Harnstoff** 15. XII. 1943. T = 17° C.

Eingelegt $9^h 51'$; älteres Bl.; 1. Mess.: $11^h 44'$ — $50'$; 2. Mess.; $14^h 44'$ — $50'$.

Mittelwert (13 Zellen): $h = 8{,}7$; $b = 4{,}6$; $l_1 = 6{,}87$; $l_2 - l_1 = 0{,}662$.

$G_2 - G_1 = 0{,}077$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}0256$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0283}$

Im folgenden trat scheinbar eine Hemmung auf, da eine weitere Messung um $16^h 44'$ bei 7 Zellen keine und bei den übrigen Zellen geringe Protoplastenausdehnung zeigte.

**Versuch 24B.** **1,0 mol Harnstoff** 15. XII. 1943. T = 17° C.

Eingelegt $9^h 51'$; Dasselbe Blättchen wie oben; 1. Messung: $12^h 02'$ — $08'$; 2. Messung: $15^h 02'$ — $08'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 10{,}32$; $b = 4{,}1$; $l_1 = 7{,}48$; $l_2 - l_1 = 0{,}72$.

$G_2 - G_1 = 0{,}069$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}023$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0266}$

In der folgenden Zeit Hemmung wie oben.

**Versuch 25** **1,0 mol Harnstoff** 29. III. 1944. T = $15\frac{1}{2}$° C. 10. Bl.

Mittelwerte (10 Zellen): $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0148}$; $\mathbf{P'_{3-4} = 0{,}0078}$; $\mathbf{P'_{4-5} = 0{,}0128}$.

Der Versuch **25**, der $3^1/_2$ Monate nach den ersten Messungen gemacht wurde, zeigte keine wesentliche Veränderung des Permeabilitätsverhaltens.

***Fam. Harpanthaceae.***

***Harpanthus Flotovianus*** (Nees) Siehe 529.

***Fam. Cephaloziaceae.***

***Cephalozia bicuspidata*** (L.) Dum. Das Material stammt von zwei Standorten in Rekawinkel: 1. Eine Zwergform wächst auf etwas exponiertem, fast kahlen lehmigem Buchenwaldboden. 2. Eine größere Form findet sich am oben erwähnten Wegrand. — Gesammelt 23. VI. 1943. Zwergform.

**Versuch 26.** **0,8 mol Harnstoff** 25. VI. 1943. T = 23° C.

Eingelegt $8^h 28'$; 2. Blättchen; 1. Messung: $9^h 44'$ — $47'$; 2. Messung: $10^h 59'$ — $11^h 02'$; 3. Messung: $11^h 57'$ — $59'$.

Mittelw. (10 Z.); $h = 9{,}98$; $b = 5{,}55$; $l_1 = 7{,}8$; $l_2 - l_1 = 1{,}23$; $l_3 - l_2 = 0{,}4$.

$G_2 - G_1 = 0{,}124$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0992$ $M_{1-2} = 0{,}0794$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}1445}$

$G_3 - G_2 = 0{,}050$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0500$ $M_{2-3} = 0{,}0400$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0825}$

| Gesammelt | Versuch | | Harnstoff | Blatt | P′ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Zwergform | | | |
| 23. VI. 1943 | **27 A** | 25. VI. 1943 | 0,8 mol | 2. | 0,0832 |
| | | | | | 0,0231 |
| | | | | | 0,0706 |
| 23. VI. 1943 | **27 B** | 25. VI. 1943 | 0,8 | 7. | 0,0688 |
| | | Größere Form | | | |
| 24. V. 1942 | **28 A** | 27. V. 1942 | 1,3 mol | 4. | 0,1300 |
| 24. V. 1942 | **28 B** | 27. V. 1942 | 1,3 | 10. | 0,5790 |
| 6. VI. 1942 | **29 A** | 24. VI. 1942 | 0,65 | 3. | 0,2165 |
| 6. VI. 1942 | **29 B** | 24. VI. 1942 | 0,65 | 9. | 0,2960 |
| 6. VI. 1942 | **29 C** | 24. VI. 1942 | 0,65 | Stengel | 0,3120 |
| 16. IX. 1942 | **30 A** | 2. X. 1942 | 0,65 | Blatt jung | 0,1265 |
| | | | | | 0,2565 |
| 16. IX. 1942 | **30 B** | 2. X. 1942 | 0,65 | Blatt älter | 0,1199 |
| 16. IX. 1942 | **30 C** | 2. X. 1942 | 0,65 | Stengel jung | 0,1065 |
| | | | | | 0,1220 |
| 16. IX. 1942 | **30 D** | 2. X. 1942 | 0,65 | Stengel älter | 0,1475 |

***Fam. Calypogeiaceae.***

***Calypogeia Neesiana.*** (Mass u. Carest.) K. Müller. Von diesem Moos wurden Proben von vier verschiedenen Standorten untersucht: 1. Rekawinkel, Wegrand. 2. Bayreuth, auf braunem Jura. 3. Golling, auf lehmig-sandigem Boden. 4. Höllental-Kesselgraben (Rax), auf morschem Holz. — Gesammelt 10. X. 1944 im Raxgebiet.

**Versuch 31 A.** **1,0 mol Harnstoff** 13. X. 1944. T = 20° C.

Eingelegt $6^h 36'$; 3. Blättchen; 1. Messung: $7^h 48'-52'$; 2. Messung: $9^h 14'-19'$; 3. Messung: $13^h 51'-55'$; 4. Messung: $18^h 00'-05'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 15,5$; $b = 7,15$; $l_1 = 10,13$; $l_2 - l_1 = 0,35$; $l_3 - l_2 = 1,24$; $l_4 - l_3 = 0,97$.

$G_2 - G_1 = 0,0225$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,0156$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0,0250}$
$G_3 - G_2 = 0,0800$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,0175$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0,0278}$
$G_4 - G_3 = 0,0625$ $\Delta G_{3-4} = M_{3-4} = 0,0150$ $\mathbf{P'_{3-4} = 0,0220}$

**Versuch 31 B.** **1,0 mol Harnstoff** 13. X. 1944. T = 20° C.

Eingelegt $6^h 36'$; 8. Blättchen; 1. Messung: $8^h 17'-21'$; 2. Messung: $9^h 34'-38'$; 3. Messung: $13^h 59'-14^h 04'$; 4. Messung: $18^h 06'-10'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 16,51$; $b = 8,01$; $l_1 = 10,66$; $l_2 - l_1 = 0,21$; $l_3 - l_2 = 1,94$; $l_4 - l_3 = 1,72$.

$G_2 - G_1 = 0,0120$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,0093$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0,0134}$
$G_3 - G_2 = 0,2175$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,0082$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0,0124}$
$G_4 - G_3 = 0,1040$ $\Delta G_{3-4} = M_{3-4} = 0,0253$ $\mathbf{P'_{3-4} = 0,0347}$

**Versuch 31 C.** **1,0 mol Harnstoff** 13. X. 1944. T = 20° C.

Eingelegt $6^h 36'$; 17. Blättchen; 1. Messung: $8^h 07'$—$10'$; 2. Messung: $9^h 24'$—$29'$; 3. Messung: $14^h 06'$—$10'$; 4. Messung: $18^h 12'$—$16'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 16{,}11$; $b = 7{,}98$; $l_1 = 10{,}56$; $l_2 - l_1 = 0{,}24$; $l_3 - l_2 = 1{,}45$; $l_4 - l_3 = 1{,}10$.

$G_2 - G_1 = 0{,}015$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}0115$ $P'_{1-2} = \mathbf{0{,}0130}$
$G_3 - G_2 = 0{,}190$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}0405$ $P'_{2-3} = \mathbf{0{,}0202}$
$G_4 - G_3 = 0{,}068$ $\Delta G_{3-4} = M_{3-4} = 0{,}0163$ $P'_{3-4} = \mathbf{0{,}0238}$

*Calypogeia Neesiana* von verschiedenen Standorten: Material für Versuch 32 von der Rax; für Versuch 33 aus Rekawinkel; für Versuch 35 aus Golling; für Versuch 34, 36 und 37 aus Bayreuth.

| Gesammelt | Versuch | | Harnstoff | Blatt | P' |
|---|---|---|---|---|---|
| 10. X. 1944 | **32** | 12. X. 1944 | 0,8 mol | 11. | 0,0246 |
| | | | | | 0,0310 |
| 12. VI. 1942 | **33** | 14. VI. 1942 | 0,65 | | 0,0318 |
| | | | | | 0,0291 |
| | | | | | 0,0204 |
| | | | | | 0,0351 |
| 2. X. 1942 | **34** | 13. X. 1942 | 0,8 | 5. | 0,0110 |
| 25. IX. 1942 | **35** | 23. X. 1942 | 0,8 | 8. | 0,0335 |
| 1. X. 1942 | **36 A** | 27. X. 1942 | 0,8 | 7. | 0,0097 |
| | | | | | 0,0224 |
| | | | | | 0,0208 |
| 1. X. 1942 | **36 B** | 27. X. 1942 | 0,8 | 17. | 0,0100 |
| | | | | | 0,0117 |
| 1. X. 1942 | **37 A** | 5. XI. 1942 | 0,8 | 1. | 0,0358 |
| | | | | | 0,0228 |
| 1. X. 1942 | **37 B** | 5. XI. 1942 | 0,8 | 9. | 0,0195 |
| | | | | | 0,0164 |

Die Harnstoffpermeabilität wurde an *C. Neesiana* ausführlich untersucht, und ich bin zu dem Ergebnis gekommen, daß die Harnstoffwerte durchwegs niedrig liegen. Sie gehören zu den niedrigsten, die ich bei den Lebermoosen gefunden habe.

***Calypogeia sphagnicola*** (Arn. et Perss.) gehört der erwähnten Torfmoorgesellschaft an. Sie ist wie alle Calypogeiaarten ein sehr hübsches und interessantes zellphysiologisches Objekt. — Gesammelt im Torfmoor Seelohe, 21. X. 1943.

**Versuch 38.** **0,8 mol Harnstoff** 3. XI. 1943. T = 18° C.

Eing. $12^h 51'$; 5. Blättchen; 1. Mess.: $13^h 25'$—$33'$; 2. Mess.: $14^h 05'$—$11'$; 3. Mess.: $17^h 05'$—$10'$; 4. Mess.: $18^h 07'$—$12'$; 5. Mess.: $19^h 05'$—$10'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 14{,}06$; $b = 8{,}19$; $l_1 = 10{,}5$; $l_2 - l_1 = 0{,}4$; $l_3 - l_2 = 1{,}2$; $l_4 - l_3 = 0{,}6$; $l_5 - l_4 = 0{,}29$.

$G_2 - G_1 = 0{,}017$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0262$ $M_{1-2} = 0{,}0209$ $P'_{1-2} = \mathbf{0{,}0274}$
$G_3 - G_2 = 0{,}085$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0281$ $M_{2-3} = 0{,}0225$ $P'_{2-3} = \mathbf{0{,}0307}$
$G_4 - G_3 = 0{,}044$ $\Delta G_{3-4} = 0{,}0433$ $M_{3-4} = 0{,}0346$ $P'_{3-4} = \mathbf{0{,}0496}$
$G_5 - G_4 = 0{,}021$ $\Delta G_{4-5} = 0{,}0217$ $M_{4-5} = 0{,}0174$ $P'_{4-5} = \mathbf{0{,}0258}$

**Versuch 39** in **0,8 mol Harnstoff** am 4. XI. 1943; T = 18° C.; 5. Blättchen.
Mittelwerte (8 Zellen): $\Delta G_{1-2} = 0{,}0552$; $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0608}$.

Die Harnstoffwerte reihen sich gut den Werten der übrigen untersuchten Moose an.

*Calypogeia Trichomanis* (L.) Corda. Ges. am 22. V. 1943 in Rekawinkel.

**Versuch 40.** **0,8 mol Harnstoff** 25. V. 1943. T = 20° C.

Eingelegt 7h 58′; 2. Blättchen; 1. Messung: 9h 35′—42′; 2. Messung: 11h 08′—16′; 3. Messung: 15h 00′—07′.
Mittelw. (10 Z.): h = 23,6; b = 14,2; $l_1 = 18{,}18$; $l_2 - l_1 = 0{,}93$; $l_3 - l_2 = 2{,}3$.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $G_2 - G_1 = 0{,}038$ | $\Delta G_{1-2} = 0{,}0250$ | $M_{1-2} = 0{,}0200$ | $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0265}$ |
| $G_3 - G_2 = 0{,}098$ | $\Delta G_{2-3} = 0{,}0254$ | $M_{2-3} = 0{,}0230$ | $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0318}$ |

**Versuch 41** in **0,8 mol Harnstoff** am 1. VI. 1943. T = 20° C. 16. Blättchen.
Mittelwerte (10 Zeilen): $\Delta G_{1-2} = 0{,}0194$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}021}$
$\Delta G_{2-3} = 0{,}0226$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}025}$

*Calypogeia fissa* (L.) Raddi. Wie auch bei Will-Richter bemerkt (1944), fanden wir dieses atlantische Moos an einem weit nach Osten vorgeschobenen Reliktstandort, nämlich bei Rekawinkel im Wiener Wald. Gesammelt am 22. V. 1943.

**Versuch 42.** **0,8 mol Harnstoff** 4. VI. 1943. T = 20° C.

Eingelegt 9h 47′; 2. Blättchen; 1. Messung: 10h 14′—20′; 2. Messung: 11h 45′—52′; 3. Messung: 14h 59′—15h 05′; 4. Messung: 17h 50′—18h.
Mittelwerte (11 Zellen): h = 12,33; b = 7,55; $l_1 = 9{,}84$; $l_2 - l_1 = 0{,}709$; $l_3 - l_2 = 0{,}936$; $l_4 - l_3 = 0{,}093$.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $G_2 - G_1 = 0{,}057$ | $\Delta G_{1-2} = 0{,}0374$ | $M_{1-2} = 0{,}0299$ | $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0400}$ |
| $G_3 - G_2 = 0{,}076$ | $\Delta G_{2-3} = 0{,}0235$ | $M_{2-3} = 0{,}0188$ | $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0263}$ |
| $G_4 - G_3 = 0{,}076$ | $\Delta G_{3-4} = 0{,}0264$ | $M_{3-4} = 0{,}0211$ | $\mathbf{P'_{3-4} = 0{,}0320}$ |

Am 8. VI. 1943 wurden zwei weitere Versuche an einem Stämmchen in **0,8 mol Harnstoff** durchgeführt:

**Versuch 43 A:** 4. Blättchen; 11 Zellen; $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0689}$; $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0568}$.

**Versuch 43 B:** 14. Blättchen; 10 Zellen; $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0417}$; $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0573}$.

*Fam. Lejeuneaceae.*

*Lejeunea cavifolia* (Eheh.) Lindb. wurde uns aus Freiburg geschickt und stammt aus dem Schwarzwald. Sie ist ein kleines zartes Moos, besitzt aber sehr gut meßbare Zellen. Gesammelt am 20. IX. 1942.

**Versuch 44 A.** **1,0 mol Harnstoff** 2. XI. 1942. T = 18° C.

Eingelegt 15h 41′; 20. Blättchen; 1. Mess.: 16h 15′—19′; 2. Mess.: 16h 44′—48′.
Mittelwerte (5 Zellen): h = 15,66; b = 8,26; $l_1 = 15{,}04$; $l_2 - l_1 = 0{,}74$.
$G_2 - G_1 = 0{,}056$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}116$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}133}$

**Versuch 44 B.** **1,0 mol Harnstoff** 2. XI. 1942. T = 18° C.

Eingelegt $15^h 41'$; 21. Blättchen; 1. Mess.: $16^h 23'-27'$; 2. Mess.: $16^h 49'-53'$.
Mittelwerte (5 Zellen): $h = 18{,}92$; $b = 10{,}7$; $l_1 = 19{,}37$; $l_2 - l_1 = 0{,}82$.
$G_2 - G_1 = 0{,}042$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}0942$ $P'_{1-2} = \mathbf{0{,}101}$

Die Harnstoffwerte liegen über dem Durchschnitt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Harnstoffpermeabilität bei den Lebermoosen im allgemeinen recht niedrig ist. Bei den bisher besprochenen Objekten zeigt sich eine weitgehende Einheitlichkeit. Die Stundenwerte der Permeabilität schwanken zwischen **0,1 bis 0,02.** Wenige Werte gehen darüber, nämlich: *Lophozia Hornschuchiana:* P′ = 0,15 bis 0,18, einmal sogar 0,369; — *Aplozia crenulata fo. gracillima*: P′ = 0,18 bis 0,44; — *Leptoscyphus anomalus*: P′ = 0,17 bis 0,26; — *Cephalozia bicuspidata* (größere Form): P′ = 0,1 bis 0,3, einmal sogar 0,579.

## 2. Vergleich der Harnstoff- mit der Methylharnstoff- und Glyzerinpermeabilität.

Dieser Vergleich ist besonders wichtig und interessant. Daß gerade die beiden Diosmotika Methylharnstoff und Glyzerin ausgewählt wurden, hat folgenden Grund:

Der normale Harnstofftypus, den Höfler als Chara-Majanthemum-Typus bezeichnet hat, kommt weitaus am häufigsten vor. Er ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet: Harnstoff permeiert schneller als Glyzerin, aber wesentlich langsamer als Methylharnstoff.

Im Gegensatz dazu steht der Glyzerintypus, bei dem Glyzerin schneller oder zumindestens ebenso schnell eindringt als Harnstoff. Er ist von Rhoeo bekannt, aber auch einige andere Objekte zeigen ähnliches Verhalten: Muscari racemosum, Ranunculus repens (eventuell auch Zygnema sp.) nach Hofmeister (1935), Taraxacum pectinatiforme („Blatt 2“) nach Marklund (1936), Gentiana Sturmiana (Corolle) nach Höfler (1936, 1937) und Zellen ganz junger Wurzeln von Lepidium nach Elo (1937). Beiläufig gleichschnelle oder wenig raschere Permeation findet sich häufiger.

Andererseits unterscheidet sich der rapide Harnstofftypus (= Gentiana-Sturmiana-Typus) vom Normaltypus durch die Umstellung und raschere Permeation des Harnstoffes gegenüber dem Methylharnstoff. Höfler hält dieses geänderte Verhalten für

noch wichtiger als die absolute Höhe der Harnstoffpermeabilität (Höfler 1942, S. 186, Hofmeister 1935).

## a) Harnstofftypus.

*Aplozia riparia* (Harnstoffwerte und Angaben über die Herkunft auf S. 528 f.).

**Versuch 45.** **1,0 mol Methylharnstoff** 31. III. 1944.

Eingelegt 10h 15′ 30″. 13. Blättchen. T = 15½° C.

| Zelle | h | b | 1. Messung 10h 25′—31′ $l_1$ | 2. Messung 10h 55′—11h 01′ $l_2-l_1$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 10,7 | 4,5 | 8,0 | 1,6 |
| 2 | 9,5 | 4,2 | 7,0 | 2,0 |
| 3 | 8,5 | 3,9 | 7,0 | 1,5 |
| 4 | 9,5 | 4,2 | 7,8 | 1,2 |
| 5 | 11,0 | 3,9 | 7,4 | 1,2 |
| 6 | 9,4 | 3,0 | 7,1 | 1,9 |
| 7 | 8,8 | 3,0 | 7,4 | 1,4 |
| 8 | 8,0 | 3,3 | 7,0 | depl. |
| 9 | 9,0 | 4,2 | 8,0 | 1,0 |
| 10 | 9,5 | 3,3 | 7,4 | 1,6 |
| 11 | 9,0 | 3,9 | 8,0 | 0,8 |
| 12 | 8,0 | 3,6 | 7,0 | depl. |

Mittelwerte: $G_2 - G_1 = 0,165$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,3300$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0,4140}$

**Versuch 46.** **1,0 mol Methylharnstoff** 31. III. 1944. T = 15° C.

Eing. 15h 32′; 14. Blättchen; 1. Mess.: 15h 44′—49′; 2. Mess.: 16h 09′—14′. Mittelwerte (12 Zellen); h = 8,41; b = 3,65; $l_1 = 7,46$; $l_2 - l_1 = 1,4$.

$G_2 - G_1 = 0,162$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,3913$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0,495}$

**Versuch 47.** **1,0 mol Glyzerin** 30. III. 1944.

Eingelegt 10h 15′. 15. Blättchen. T = 17° C.

| Zelle | h | b | 1. Messung 11h 40′—48′ $l_1$ | 2. Messung 15h 40′—48′ $l_2-l_1$ | 3. Messung 17h 40′—48′ $l_3-l_2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13,0 | 6,0 | 10,3 | 1,2 | 0,4 |
| 2 | 12,0 | 5,1 | 9,0 | 1,0 | 0,9 |
| 3 | 10,8 | 6,0 | 8,7 | 0,3 | 0,5 |
| 4 | 12,0 | 5,7 | 9,4 | 0,4 | 1,0 |
| 5 | 11,5 | 5,1 | 9,4 | 0,5 | 0,6 |
| 6 | 10,0 | 5,7 | 8,1 | 0,6 | 0,3 |
| 7 | 14,0 | 4,8 | 10,1 | 0,7 | 0,9 |
| 8 | 10,5 | 6,0 | 8,2 | 0,3 | 0,5 |
| 9 | 11,5 | 4,8 | 8,5 | 0,4 | 0,5 |
| 10 | 10,8 | 4,2 | 8,2 | 0,7 | 0,3 |

Mittelwerte: $G_2 - G_1 = 0,053$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,0132$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0,0142}$
$G_3 - G_2 = 0,050$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,0250$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0,0276}$

Der Harnstoffwert des Materials betrug: $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0346}$. Der Methylharnstoffwert liegt gut 10mal höher als der des Harnstoffes. Harnstoff dringt hier nicht ganz doppelt so schnell ein als Glyzerin. Es ist in diesem Falle schwer, eine Einreihung zum Glyzerin- oder Harnstofftypus vorzunehmen. *Aplozia riparia* kann als Grenzfall bezeichnet werden.

*Harpanthus Flotovianus.*

**Versuch 48.** **1,0 mol Methylharnstoff** 17. XII. 1943.

Eingelegt $16^h\ 32'$. 6. Blättchen. T = 18° C.

| Zelle | h | b | 1. Messung $16^h\ 51'\ 30''$ bis $57'\ 30''$ | 2. Messung $17^h\ 17'\ 20''$ bis $22'\ 45''$ | 3. Messung $17^h\ 39'\ 45''$ bis $45'\ 45''$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | h | b | $l_1$ | $l_2 - l_1$ | $l_3 - l_2$ |
| 1 | 10,5 | 6,0 | 8,1 | 0,9 | 0,6 |
| 2 | 9,0 | 6,6 | 7,0 | 1,0 | 0,5 |
| 3 | 10,0 | 6,3 | 8,1 | 0,9 | 0,5 |
| 4 | 9,5 | 4,2 | 7,1 | 0,9 | 0,8 |
| 5 | 12,0 | 6,0 | 9,0 | 1,1 | 0,9 |
| 6 | 11,3 | 5,0 | 8,3 | 1,4 | 0,5 |
| 7 | 10,2 | 5,0 | 8,2 | 1,1 | 0,7 |
| 8 | 11,2 | 5,0 | 8,8 | 1,1 | 0,3 |
| 9 | 12,5 | 6,0 | 9,5 | 1,4 | 0,5 |
| 10 | 12,2 | 6,9 | 10,0 | 0,9 | 0,6 |
| 11 | 12,0 | 6,0 | 9,5 | 1,0 | 0,5 |

Mittelwerte; $G_2 - G_1 = 0{,}095$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}4070$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}5625}$

$G_3 - G_2 = 0{,}053$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}1325$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}3470}$

**Versuch 49.** **1,0 mol Glyzerin** 10. XII. 1943.

Eingelegt $13^h\ 45'\ 30''$. 6. Blättchen. T = $18\frac{1}{4}$° C.

| Zelle | h | b | 10. XII. 1. Messung $14^h\ 58'$ bis $15^h\ 03'$ | 10. XII. 2. Messung $17^h\ 55'$ bis $18^h\ 02'$ | 11. XII. 3. Messung $10^h\ 45'$ bis $50'$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | h | b | $l_1$ | $l_2 - l_1$ | $l_3 - l_2$ |
| 1 | 13,5 | 6,0 | 8,5 | 0,8 | 2,7 |
| 2 | 13,5 | 6,0 | 9,0 | 0,5 | 2,5 |
| 3 | 13,0 | 5,4 | 8,0 | 0,2 | 1,8 |
| 4 | 12,0 | 5,8 | 8,0 | 0,0 | 1,8 |
| 5 | 10,5 | 5,1 | 7,5 | 0,2 | 1,3 |
| 6 | 11,0 | 5,4 | 7,6 | 0,4 | 1,0 |
| 7 | 13,0 | 6,9 | 9,0 | 0,0 | 1,0 |
| 8 | 13,0 | 5,7 | 8,1 | 0,2 | 1,6 |
| 9 | 11,2 | 5,7 | 7,9 | 0,1 | 0,8 |
| 10 | 11,2 | 6,0 | 0,9 | 0,9 | depl. |

Mittelwerte: $G_2 - G_1 = 0{,}028$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}0095$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0100}$

$G_3 - G_2 = 0{,}131$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}0077$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0082}$

Der Harnstoffwert des Materials beträgt: **$P'_{1-2}$ = 0,0419.** Methylharnstoff permeiert 10mal rascher als Harnstoff. Hier ist der Harnstofftypus deutlich ausgeprägt, da Harnstoff gut 5mal schneller eindringt als Glyzerin.

Der Glyzerinwert sank bis zum nächsten Tag etwas ab.

*Dumortiera hirsuta.*

**Grundgewebe**

**Versuch 50.** **0,4 mol Glyzerin** 31. I. 1944. T = 18° C.

Eingelegt $15^h$ 34′; am 31. I.: 1. Mess.: $16^h$ 49′—56′; 2. Mess.: $17^h$ 49′—56′; am 1. II.: 3. Mess.: $10^h$ 29′—38′; 4. Mess.: $18^h$ 16′—24′.

Mittelwerte (9 Zellen): h = 33,8; b = 14,8; $l_1$ = 25,75; $l_2 - l_1$ = 0,27; $l_3 - l_2$ = 1,3; $l_4 - l_3$ = 0,92.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $G_2 - G_1 = 0{,}007$ | $\Delta G_{1-2} = 0{,}0070$ | $M_{1-2} = 0{,}0028$ | **$P'_{1-2} = 0{,}0071$** |
| $G_3 - G_2 = 0{,}039$ | $\Delta G_{2-3} = 0{,}0022$ | $M_{2-3} = 0{,}0009$ | **$P'_{2-3} = 0{,}0022$** |
| $G_4 - G_3 = 0{,}026$ | $\Delta G_{3-4} = 0{,}0022$ | $M_{3-4} = 0{,}0013$ | **$P'_{3-4} = 0{,}0033$** |

**Versuch 51** in **0,4 mol Glyzerin**: 1. und 2. Messung am 1. II.; 3. Messung am 2. II. 1944. T = 19° C; 8 Zellen; **$P'_{1-2}$ = 0,085; $P'_{2-3}$ — 0,0073.**

Der Harnstoffwert des Materials betrug: **$P'_{1-2}$ = 0,0615.** Glyzerin permeiert hier bedeutend langsamer als Harnstoff (etwa 10mal langsamer). Ausgeprägter Harnstofftypus.

*Lophozia Mülleri.*

**Versuch 54.** **0,8 mol Methylharnstoff** 29. X. 1943. T = 18° C.

Eingelegt $13^h$ 38′ 30″; 3. Blättchen; 1. Messung: $13^h$ 58′—$14^h$ 02′; 2. Messung: $14^h$ 16′—20′; 3. Messung: $14^h$ 45′—49′; 4. Messung: $15^h$ 22′ 50″—27′ 50″.

Mittelwerte (10 Zellen): h = 14,84; b = 7,36; $l_1$ = 11,47; $l_2 - l_1$ = 0,88; $l_3 - l_2$ = 0,94; $l_4 - l_3$ = 1,06.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $G_2 - G_1 = 0{,}060$ | $\Delta G_{1-2} = 0{,}200$ | $M_{1-2} = 0{,}160$ | **$P'_{1-2} = 0{,}241$** |
| $G_3 - G_2 = 0{,}063$ | $\Delta G_{2-3} = 0{,}1305$ | $M_{2-3} = 0{,}043$ | **$P'_{2-3} = 0{,}486$** |
| $G_4 - G_3 = 0{,}071$ | $\Delta G_{3-4} = 0{,}1120$ | $M_{3-4} = 0{,}0896$ | **$P'_{3-4} = 0{,}133$** |

Weitere Versuche in **0,8 mol Methylharnstoff** am 28. und 30. X. 1943. 3. Blättchen; je 10 Zellen.

**Versuch 52.** 1. Messung erst eine Stunde nach dem Einlegen. **$P'_{1-2}$ = 0,1483.**

**Versuch 53.** 1. Messung nach 40 Minuten. **$P'_{1-2}$ = 0,171.**

**Versuch 55.** 1. Messung nach 20 Minuten. **$P'_{1-2}$ = 0,223, $P'_{2-3}$ = 0,280.**

**Versuch 56.** **0,8 mol Glyzerin** 28. X. 1943. T = 18° C.

Eingelegt 14h; 3. Blättchen; am 28. X.: 1. Messung: 14h 18′—21′; 2. Messung: 14h 58′—15h 02′; 3. Messung: 17h 23′—28′; am 29. X.: 4. Messung: 10h 00′—05′; 5. Mess.: 15h 58′—16h 03′; am 30. X.: 6. Mess.: 10h 20′—24′.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 13,62$; $b = 6,7$; $l_1 = 9,94$; $l_2 - l_1 = 0,36$; $l_3 - l_2 = 0,58$; $l_4 - l_3 = 0,52$; $l_5 - l_4 = 0,85$; $l_6 - l_5 = 0,57$.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $G_2 - G_1 = 0,026$ | $\Delta G_{1-2} = 0,0392$ | $M_{1-2} = 0,0314$ | $\mathbf{P'_{1-2} = 0,0411}$ |
| $G_3 - G_2 = 0,043$ | $\Delta G_{2-3} = 0,0177$ | $M_{2-3} = 0,0141$ | $\mathbf{P'_{2-3} = 0,0193}$ |
| $G_4 - G_3 = 0,038$ | $\Delta G_{3-4} = 0,0023$ | $M_{3-4} = 0,0018$ | $\mathbf{P'_{3-4} = 0,0025}$ |
| $G_5 - G_4 = 0,062$ | $\Delta G_{4-5} = 0,0104$ | $M_{4-5} = 0,0083$ | $\mathbf{P'_{4-5} = 0,0116}$ |
| $G_6 - G_5 = 0,042$ | $\Delta G_{5-6} = 0,0023$ | $M_{5-6} = 0,0018$ | $\mathbf{P'_{5-6} = 0,0026}$ |

**Versuch 57: 0,8 mol Glyzerin,** 20. und 30. X. 1943, 3. Blättchen, 12 Zellen.
$\mathbf{P'_{1-2} = 0,0100}$; $\mathbf{P_{2-3} = 0,0030}$

Der Harnstoffwert des Materials betrug: **P′ (Mittel) = 0,0526.** Es liegen eine größere Anzahl von Methylharnstoffversuchen vor, aus denen eindeutig hervorgeht, daß Methylharnstoff ungefähr 5mal schneller eindringt als Harnstoff.

Was das Verhältnis Harnstoff zu Glyzerin betrifft, kann man sagen, daß hier ein schwacher Harnstofftypus auftritt.

### *Gymnocolea inflata.*

**Versuch 58.** **1,0 mol Methylharnstoff** 8. XII. 1943. T = 17° C.

Eing. 14h 08′ 30″; 2. Blättchen; 1. Messung: 14h 16′—17′ 50″; 2. Messung: 14h 28′—30, 10″; 3. Messung: 14h 35′ 30″—37′ 20″; 4. Messung: 14h 42 50″—43′ 55″.

Mittelwerte (5 Zellen): $h = 11,46$; $b = 5,5$; $l_1 = 9,8$; $l_2 - l_1 = 0,54$; $l_3 - l_2 = 0,74$.

| | | |
|---|---|---|
| $G_2 - G_1 = 0,047$ | $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,232$ | $\mathbf{P'_{1-2} = 0,261}$ |
| $G_3 - G_2 = 0,065$ | $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,533$ | $\mathbf{P'_{2-3} = 1,317}$ |

Bei der 4. Messung waren 3 von 5 Zellen bereits deplasmolysiert.

**Versuch 59: 1,0 mol Methylharnstoff** am 8. III. 1943, 4. Blättchen; 6 Zellen;
$\mathbf{P'_{1-2} = 0,2315}$, $\mathbf{P'_{2-3} = 0,834}$.

**Versuch 60.** **1,0 mol Glyzerin** 10. XII. 1943. T = 18° C.

Eing. 14h 05′; 4. Blättchen; 1. Mess.: 15h 24′—28′; 2. Mess.: 18h 07′—12′.

Mittelwerte (9 Zellen): $h = 10,96$; $b = 5,04$; $l_1 = 9,12$; $l_2 - l_1 = 0,41$.

$G_2 - G_1 = 0,038$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,014$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0,0148}$

Der Harnstoff des Materials betrug: $\mathbf{P'_{2-3} = 0,0621}$. Bei den Methylharnstoffversuchen (58, 59) sind die Werte für $P'_{2-3}$ wesentlich höher als die Werte für $P'_{1-2}$. Es ist möglich, daß das osmotische Gleichgewicht zur Zeit der ersten Messung, welche bereits

7—8 Minuten nach dem Einlegen erfolgte, noch nicht hergestellt war. Dadurch wird in diesem Falle geringere Permeabilität vorgetäuscht. Der besonders hohe Wert für $P'_{2-3}$ im Versuch 58 könnte durch leichte pathologische Veränderungen des Plasmas bedingt sein. $P'_{2-3} = 0{,}834$ (Versuch 59) wird wohl als gültiger Wert für Methylharnstoff betrachtet werden können. Er liegt demnach ungefähr 10mal höher als der Harnstoffwert. Wir haben einen Normaltypus etwa mittelschneller Harnstoffpermeabilität vor uns. Die Reihung Methylharnstoff, Harnstoff, Glyzerin ist wie bei Majanthemum bifolium. Das Zahlenverhältnis ist etwa: 56 : 4 : 1.

### *Aplozia sphaerocarpa.*

**Versuch 61.** **0,8 mol Methylharnstoff** 26. X. 1943. T = 18° C.

Eingelegt $17^h 25' 10''$; 9. Blättchen; 1. Messung: $17^h 45'—48' 15''$; 2. Messung: $18^h 20' 30''—25'$.

Mittelwerte (9 Zellen): $h = 10{,}34$; $b = 4{,}9$; $l_1 = 7{,}9$; $l_2 - l_1 = 1{,}22$.

$G_2 - G_1 = 0{,}118$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}219$ $M_{1-2} = 0{,}175$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}282}$

**Versuch 62.** **0,8 mol Glyzerin** 26. X. 1943. T = 18° C.

Eing. $14^h 23'$; 10. Blättchen; 1. Mess.: $15^h 28'—32'$; 2. Mess.: $16^h 43'—47'$

Mittelw. (10 Z.): $h = 10{,}97$; $b = 5{,}69$; $l_1 = 8{,}3$; $l_2 - l_1 = 0{,}4$.

$G_2 - G_1 = 0{,}036$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0173$ $M_{1-2} = 0{,}0138$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0183}$

Der Harnstoffwert des Materials betrug: $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0403}$. Methylharnstoff permeiert 5- bis 6mal schneller als Harnstoff. Dieses Moos gehört dem schwachen Harnstofftypus an, da Harnstoff nur 2mal schneller eindringt als Glyzerin.

### *Aplozia cordifolia.*

**Versuch 63.** **1,0 mol Methylharnstoff** 1. XII. 1943. T = $18\frac{1}{2}$° C.

Eingelegt $18^h 01'$; 6. Blättchen; 1. Messung: $18^h 16' 30''—22'$; 2. Messung: $18^h 40' 50''—46' 10''$; 3. Messung: $19^h 04' 30''—08' 30''$

Mittelw. (7 Z.): $h = 12{,}4$; $b = 4{,}2$; $l_1 = 9{,}8$; $l_2 - l_1 = 1{,}27$; $l_3 - l_2 = 1{,}1$.

$G_1 - G_2 = 0{,}102$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}231$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}2685}$
$G_3 - G_2 = 0{,}088$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}195$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}3585}$

**Versuch 64 A.** **1,0 mol Glyzerin** 8. XII. 1943. T = 18° C.

Eingelegt $10^h 30'$; 4. Blättchen; am 8. XII.: 1. Mess.: $11^h 40'—44'$; 2. Mess.: $15^h 11'—15'$; 3. Mess.: $17^h 42'—48'$; am 9. XII.: 4. Mess.: $15^h 40'—45'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 12{,}06$; $b = 4{,}35$; $l_1 = 8{,}4$; $l_2 - l_1 = 0{,}43$; $l_3 - l_2 = 0{,}47$; $l_4 - l_3 = 1{,}97$.

$G_2 - G_1 = 0{,}036$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}0102$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0108}$
$G_3 - G_2 = 0{,}039$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}0145$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0155}$
$G_4 - G_3 = 0{,}164$ $\Delta G_{3-4} = M_{3-4} = 0{,}0075$ $\mathbf{P'_{3-4} = 0{,}0080}$

**Versuch 64B. 1,0 mol Glyzerin;** am 8. XII.: 1. bis 3. Messung, am 9. XII.: 4. Messung. T = 18° C.; Mittelwerte (7 Zellen):

$P'_{1-2} = 0,0069$ $P'_{2-3} = 0,0103$ $P'_{3-4} = 0,0069$

Der Harnstoffwert des Materials betrug: $P'_{1-2} = 0,0288$. Methylharnstoff dringt 9- bis 10mal rascher ein als Harnstoff. Auch hier haben wir es mit einem schwachen Harnstofftypus zu tun, da Glyzerin nur um die Hälfte langsamer permeiert als Harnstoff.

*Aplozia riparia var. rivularis.*

**Versuch 65.** **1,0 mol Methylharnstoff** 12. XI. 1943. T = 17½° C.

Eingelegt 17h 13′ 55″; 4. Blättchen; 1. Messung: 17h 32′ — 36′; 2. Messuug: 17h 47′ — 52′: 3. Messung: 17h 55′ — 18h.

Mittelwerte (10 Zellen): h = 12,23; b = 6,13; $l_1 = 9,73$; $l_2 - l_1 = 1,51$; $l_3 - l_2 = 0,77$.

$G_2 - G_1 = 0,123$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,477$ $P'_{1-2} = 0,832$
$G_3 - G_2 = 0,053$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,385$ $P'_{2-3} = 0,937$

**Versuch 66.** **1,0 mol Glyzerin** 12. XI. 1943. T = 17½° C.

Eing. 12h 45′; 4. Blättchen; am 12. XI.: 1. Mess.: 13h 20′ — 26′; 2. Mess.: 14h 20′ — 27′; 3. Mess.: 17h 01′ — 07′; am 13. XI.: 4. Mess.: 10h 04′ — 10′.

Mittelwerte (8 Zellen): h = 10,54; b = 4,82; $l_1 = 7,93$; $l_2 - l_1 = 0,3$; $l_3 - l_2 = 0,47$; $l_4 - l_3 = 0,99$.

$G_2 - G_1 = 0,029$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,0290$ $P'_{1-2} = 0,0306$
$G_3 - G_2 = 0,044$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-8} = 0,0165$ $P'_{2-3} = 0,0181$
$G_4 - G_3 = 0,094$ $\Delta G_{3-4} = M_{3-4} = 0,0055$ $P'_{3-4} = 0,0061$

Der Harnstoffwert des Materials betrug: $P'_{1-2} = 0,0916$. Methylharnstoff permeiert fast 10mal schneller als Harnstoff. Der Glyzerinwert sank bis zum nächsten Tag etwas ab. Dies ist wohl auf zeitweise Hemmung zurückzuführen.

*Leptoscyphus anomalus.*

**Versuch 67.** **0,8 mol Methylharnstoff** 6. XI. 1943. T = 19° C.

Eingelegt 9h 27′ 30″; 2. Blättchen; 1. Messung: 10h 05′ — 09′; 2. Messung: 10h 43′ — 49′; 3. Messung: 11h 15′ 45″ — 22′ 45″.

Mittelwerte (10 Zellen): h = 21; b = 9,9; $l_1 = 18,58$; $l_2 - l_1 = 1,9$; $l_3 - l_2 = 1,4$.

$G_2 - G_1 = 0,090$ $\Delta G_{1-2} = 0,1524$ $M_{1-2} = 0,1220$ $P'_{1-2} = 0,1752$
$G_3 - G_2 = 0,067$ $\Delta G_{2-3} = 0,1490$ $M_{2-3} = 0,1192$ $P'_{2-3} = 0,2115$

**Versuch 68: 0,8 mol Methylharnstoff;** 5. XI. 1943; 8 Z.; $P'_{1-2} = 0,157$.

**Versuch 69.** **0,8 mol Glyzerin** 5. XI. 1943. T = 19° C.

Eingelegt $10^h\,32'$; 2. Blättchen; 1. Messung: $12^h\,20'-26'$; 2. Messung: $14^h\,35'-44'$; 3. Messung: $17^h\,16'-24'$.

Mittelwerte (12 Zellen): $h = 19{,}31$; $b = 9{,}86$; $l_1 = 16{,}96$; $l_2 - l_1 = 0{,}48$; $l_3 - l_2 = 0{,}5$.

$G_2 - G_1 = 0{,}025$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0109$ $M_{1-2} = 0{,}0087$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0114}$
$G_3 - G_2 = 0{,}026$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0097$ $M_{2-3} = 0{,}0078$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0098}$

Hier liegt der Harnstoffwert über dem Durchschnitt und ist mit dem Methylharnstoffwert gleich. Glyzerin permeiert um mehr als 10mal langsamer. Dieses Objekt zeigt also einen ausgeprägten Harnstofftypus.

***Cephalozia bicuspidata*,** Zwergform.

**Versuch 70.** **0,8 mol Methylharnstoff** 25. VI. 1943. T = 24° C.

Eingelegt $17^h\,32'\,10''$; 2. Blättchen: 1. Messung: $17^h\,45'\,30''-49'\,45''$; 2. Messung: $17^h\,55'\,15''-58'\,20''$; 3. Messung: $18^h\,03'-05'\,30''$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 11{,}15$; $b = 5{,}85$; $l_1 = 9{,}03$; $l_2 - l_1 = 0{,}95$; $l_3 - l_2 = 1{,}12$.

$G_2 - G_1 = 0{,}085$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}5634$ $M_{1-2} = 0{,}449$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}8135}$
$G_3 - G_2 = 0{,}101$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}7885$ $M_{2-3} = 0{,}631$ $\mathbf{P'_{2-3} = 1{,}1020}$

**Versuch 71.** **0,8 mol Glyzerin** 26. VI. 1943. T = 23° C.

Eingelegt $10^h\,33'$; 3. Blättchen: 1. Messung: $12^h\,45'-50'$; 2. Messung: $15^h\,41'-46'$.

Mittelwerte (9 Zellen): $h = 10{,}54$; $b = 5{,}88$; $l_1 = 7{,}7$; $l_2 - l_1 = 0{,}71$.

$G_2 - G_1 = 0{,}167$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0519$ $M_{1-2} = 0{,}0455$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0395}$

| Versuch | | Stoff | Blatt | P′ |
|---|---|---|---|---|
| **72 A** | 25. VI. 1943 | 0,8 mol Methylharnstoff | 2. | 0,6240 |
| **72 B** | 25. VI. 1943 | 0,8 mol Methylharnstoff | 7. | 0,8020 |
| **73** | 25. VI. 1943 | 0,8 mol Glyzerin | 4. | 0,0531 |

Methylharnstoff permeiert ungefähr 10mal rascher als Harnstoff und dieser 2mal schneller als Glyzerin.

## b) Glyzerintypus.

Der Glyzerintypus, der im allgemeinen nicht so weit verbreitet ist als der Harnstofftypus, tritt auch bei den Lebermoosen seltener auf. Es sind mir jedoch einige Objekte mit schwacher und eines mit ausgeprägter Überlegenheit des Glyzerins begegnet. Wir sprechen von einem Glyzerintypus, wenn Glyzerin schneller oder mindestens gleich schnell permeiert wie Harnstoff.

*Lophozia Wenzelii.*

**Versuch 74.** **0,8 mol Methylharnstoff** 27. X. 1943.

Eingelegt 11h 03′ 4. Blättchen T = 10° C.

| Zelle | h | b | 1. Messung 11h 19′ 30″ bis 25′ 30″ $l_1$ | 2. Messung 11h 45′ 45″ bis 51′ 45″ $l_2 - l_1$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 9,0 | 4,8 | 8,1 | 0,8 |
| 2 | 9,2 | 4,5 | 8,0 | 1,0 |
| 3 | 10,5 | 4,8 | 8,8 | 1,0 |
| 4 | 10,0 | 4,8 | 9,3 | 0,7 |
| 5 | 12,0 | 4,0 | 9,9 | 1,1 |
| 6 | 9,5 | 6,6 | 8,0 | 0,7 |
| 7 | 12,0 | 5,2 | 10,1 | 1,0 |
| 8 | 10,6 | 4,8 | 9,0 | 1,5 |
| 9 | 11,0 | 5,5 | 9,0 | 1,4 |

Mittelwerte:

$G_2 - G_1 = 0{,}107$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}225$ $M_{1-2} = 0{,}0180$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}2920}$

**Versuch 75.** **0,8 mol Glyzerin** 26. X. 1943.

Eingelegt 9h 45′ 30″ 4. Blättchen T = 19° C.

| Zelle | h | b | 2. Messung 12h 22′ — 27′ $l_2$ | 3. Messung 14h 16′ — 21′ $l_3 - l_2$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 8,8 | 6,0 | 8,0 | 0,0 |
| 2 | 10,5 | 5,1 | 8,5 | 0,4 |
| 3 | 8,5 | 5,1 | 7,5 | 0,5 |
| 4 | 9,0 | 6,0 | 8,0 | 0,8 |
| 5 | 9,2 | 5,1 | 8,1 | 0,9 |
| 6 | 10,2 | 4,2 | 8,7 | 1,0 |
| 7 | 12,0 | 4,8 | 10,0 | 0,9 |
| 8 | 10,0 | 6,0 | 8,9 | 0,1 |
| 9 | 11,0 | 4,2 | 9,2 | 1,8 |
| 10 | 9,8 | 3,9 | 8,0 | 1,0 |
| 11 | 11,5 | 5,7 | 9,0 | 0,1 |

Mittelwerte:

$G_3 - G_2 = 0{,}057$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}030$ $M_{2-3} = 0{,}024$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0326}$

*Lophozia Wenzelii* steht wohl wie *Aplozia riparia* an der Grenze zwischen beiden Typen, ist jedoch im Gegensatz zu dieser eher zum Glyzerintypus zu rechnen. Glyzerin und Harnstoff permeieren fast gleich rasch. Der Methylharnstoffwert liegt nach den bisherigen Übersichtsversuchen ungefähr 7mal höher als der Harnstoffwert.

*Anthoceros punctatus.*

**Versuch 76.** **1,0 mol Methylharnstoff** 27. VII. 1944. T = 24° C.

Eingelegt 18h 47′ 50″; 1. Messung: 18h 55′ — 57′ 30″; 2. Messung: 18h 59′ bis 19h 01′ 30″; 3. Messung: 19h 06′ — 8′ 30″; 4. Messung: 19h 10′ — 13′ 15″.

Mittelwerte (8 Zellen): h = 19,81; b = 5,64; $l_1 = 12,03$; $l_2 - l_1 = 0,94$; $l_3 - l_2 = 1,6$; $l_4 - l_3 = 1,37$.

$G_2 - G_1 = 0,046$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,690$ $P'_{1-2} =$ **0,880**
$G_3 - G_2 = 0,082$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,703$ $P'_{2-3} =$ **0,890**
$G_4 - G_3 = 0,074$ $\Delta G_{3-4} = M_{3-4} = 1,110$ $P'_{3-4} =$ **1,392**

**Versuch 77.** **0,8 mol Glyzerin** 27. VII. 1944. T = 24° C.

Eingelegt 9h 42′; 1. Messung: 10h 18′ — 22′; 2. Messung: 11h 18′ — 22′; 3. Messung: 13h 18′ — 22′.

Mittelw. (11 Z.): h = 14,82; b = 4,95; $l_1 = 9,51$; $l_2 - l_1 = 0,85$; $l_3 - l_2 = 1,31$.
$G_2 - G_1 = 0,057$ $\Delta G_{1-2} = 0,0570$ $M_{1-2} = 0,0456$ $P'_{1-2} =$ **0,0636**
$G_3 - G_2 = 0,089$ $\Delta G_{2-3} = 0,0445$ $M_{2-3} = 0,0356$ $P'_{2-3} =$ **0,0551**

Die Permeabilität ist bei diesem Objekt überhaupt etwas höher als sonst. Methylharnstoff dringt 10mal so schnell ein als Harnstoff. Glyzerin- und Harnstoffpermeabilität ist ungefähr gleich.

*Dumortiera hirsuta.* **Epidermis**

**Versuch 78.** **0,8 mol Glyzerin** 1. II. 1944. T = 19° C.

Eingelegt 13h 56′; 1. Messung: 14h 31′ — 37′; 2. Messung: 15h 31′ — 37′; 3. Messung: 17h 31′ — 37′.

Mittelw. (6 Z.): h = 11,71; b = 4,0; $l_1 = 9,39$; $l_2 - l_1 = 0,466$; $l_3 - l_2 = 0,666$.
$G_2 - G_1 = 0,040$ $\Delta G_{1-2} = 0,0400$ $M_{1-2} = 0,0160$ $P'_{1-2} =$ **0,0424**
$G_3 - G_2 = 0,057$ $\Delta G_{2-3} = 0,0285$ $M_{2-3} = 0,0071$ $P'_{2-3} =$ **0,0196**

*Scapania dentata.*

**Versuch 79.** **1,0 mol Methylharnstoff** 18. XII. 1943. T = $15\frac{1}{2}$° C.

Eingelegt 15h 16′; 4. Blättchen: 1. Messung: 15h 39′ — 43′; 2. Messung: 16h 04′ — 08′; 3. Messung: 16h 31′ — 37′.

Mittelwerte (11 Zellen): h = 13,12; b = 5,89; $l_1 = 9,95$; $l_2 - l_1 = 1,38$; $l_3 - l_2 = 1,12$.

$G_2 - G_1 = 0,106$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,2544$ $P'_{1-2} =$ **0,335**
$G_3 - G_2 = 0,086$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,1843$ $P'_{2-3} =$ **0,366**

**Versuch 81.** **1,0 mol Glyzerin** 14. XII. 1943. T = 16° C.

Eingelegt 11h 03′; 4. Blättchen; 1. Messung: 11h 50′ — 56′; 2. Messung: 15h 39′ — 45′; 3. Messung: 18h 08′ — 14′.

Mittelw. (10 Z.): h = 12,54; b = 4,56; $l_1 = 12,54$; $l_2 - l_1 = 0,52$; $l_3 - l_2 = 0,64$.

$G_2 - G_1 = 0,040$ $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0,0105$ $P'_{1-2} =$ **0,0111**
$G_3 - G_2 = 0,052$ $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0,0209$ $P'_{2-3} =$ **0,0225**

Zwei weitere Versuche mit **1,0 mol Glyzerin:**

**Versuch 80** am 10. XII. 1943. T = 18° C; älteres Blättchen; 9 Zellen; **$P'_{1-2}$ = 0,0237.**

**Versuch 82** am 30. III. 1944. T = 17° C.; 13. Blättchen; 11 Zellen; **$P'_{2-3}$ = 0,0273.** (Von der 1. zur 2. Messung keine oder nur geringe Ausdehnung.)

*Scapania dentata* gehört auch dem schwachen Glyzerintypus an. Harnstoff und Glyzerin permeieren ungefähr gleich schnell. Der Methylharnstoffwert liegt 10mal höher als der des Harnstoffs.

***Calypogeia Neesiana.***

**Versuch 83 A.** **1,0 mol Methylharnstoff** 15. X. 1944. T = 20° C.

Eingelegt 13h 11'; 3. Blättchen: 1. Messung: 14h 13'—17'; 2. Messung: 15h 05'—12'; 3. Messung: 15h 56'—16h.

Mittelwerte (10 Zellen): h = 16,93; b = 7,29; $l_1$ = 13,58; $l_2 - l_1$ = 1,56; $l_3 - l_2$ = 1,3.

| | | |
|---|---|---|
| $G_2 - G_1 = 0{,}102$ | $\Delta G_{1-2} = M_{1-2} = 0{,}1144$ | **$P'_{1-2}$ = 0,1558** |
| $G_3 - G_2 = 0{,}076$ | $\Delta G_{2-3} = M_{2-3} = 0{,}1536$ | **$P'_{2-3}$ = 0,2580** |

Weitere Versuche am selben Stämmchen:

**Versuch 83 B.** 8. Bl.; 10 Z.; **$P'_{1-2}$ = 0,0849; $P'_{2-3}$ = 0,0867; $P'_{3-4}$ = 0,0748.**

**Versuch 83 C.** 12. Bl.; 11 Z.; **$P'_{1-2}$ = 0,1905; $P'_{2-3}$ = 0,216; $P'_{3-4}$ = 0,1112.**

**Versuch 83 D.** 16. Bl.; 11 Z.; **$P'_{1-2}$ = 0,1367; $P'_{2-3}$ = 0,1121.**

**Versuch 84.** **0,8 mol Glyzerin** 12. X. 1944. T = 20° C.

Eingelegt 7h 32'; 12. Blättchen: 1. Messung: 8h 32'—35'; 2. Messung: 8h 53'—56'; 3. Messung: 9h 09'—12'.

Mittelwerte (7 Zellen): h = 24,14; b = 9,07; $l_1$ = 20,34; $l_2 - l_1$ = 1,3; $l_3 - l_2$ = 1,2.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $G_2 - G_1 = 0{,}054$ | $\Delta G_{1-2} = 0{,}1543$ | $M_{1-2} = 0{,}1235$ | **$P'_{1-2}$ = 0,1925** |
| $G_3 - G_2 = 0{,}050$ | $\Delta G_{2-3} = 0{,}1876$ | $M_{2-3} = 0{,}1500$ | **$P'_{2-3}$ = 0,3200** |

**Versuch 85: 1,0 mol Glyzerin;** 14. X. 1944; T = 20°: 9. Bl.; **$P'_{1-2}$ = 0,2200.**

**Versuch 86: 1,0 mol Glyzerin;** 15. X. 1944; T = 20°. 7. Bl.; **$P'_{2-3}$ = 0,2290.**

Die Versuche 83 A, B, C, D, 84, 85, 86 wurden am selben Material durchgeführt wie die Harnstoffversuche 31 A, B, C, 32. Der Harnstoffwert des Materials betrug: **$P'_{1-2}$ = 0,0134** (Versuch 31 B). Einen weiteren Methylharnstoffversuch führte ich am Bayreuther Material aus. Er ist dem Harnstoffversuch 34 direkt vergleichbar und brachte folgendes Ergebnis: **Versuch 87; 0,8 mol Methylharnstoff,** am 27. X. 1942, mittleres Blatt; **$P'_{1-2}$ = 0,130; $P'_{2-3}$ = 0,107; $P'_{3-4}$ = 0,170.**

*Calypogeia Neesiana* ist ein besonders interessantes Objekt. Während die Harnstoffwerte zu den niedrigsten von mir gemessenen Werten zu rechnen sind, gehören die des Glyzerins zu den höchsten. Das Glyzerin dringt in meinen Versuchen 10mal schneller in die Protoplaste ein als Harnstoff. Wir haben also einen extremen Glyzerintypus vor uns. Dieses Verhalten stellte ich am herbstlichen Material im Oktober 1944 fest.

Bei *Rhoeo* wurde von vielen Forschern immer wieder hohe Glyzerinpermeabilität festgestellt (De Vries 1888, 1889; Fitting 1919; Collander und Bärlund 1926; Bärlund 1929; Wilbrand 1931). Nach übereinstimmenden Messungen von Fitting, Bärlund und Bogen (1940) dringt Glyzerin 4- bis 6mal rascher ein als Harnstoff. Calypogeia Neesiana übertrifft nun Rhoeo noch um einiges, da Glyzerin fast 10mal schneller permeiert. Dieses Verhältnis wurde bei den älteren Blättchen gefunden. Ob das Verhalten von Calypogeia Neesiana dem Rhoeotypus entspricht, kann erst durch weiteren Ausbau der Permeabilitätsreihen, das heißt durch Untersuchung weiterer Diosmotika, entschieden werden.

***Calypogeia sphagnicola.***

**Versuch 88.** **0,8 mol Methylharnstoff** 4. XI. 1943. T = 18° C.

Eing. $14^h 56'$; 6. Bl.; 1. Messung: $15^h 14'-19'$; 2. Messung: $16^h 16'-23'$; 3. Messung: $16^h 46'-51'$.

Mittelw.: $h = 12{,}5$; $b = 5{,}6$; $l_1 = 9{,}3$; $l_2 - l_1 = 1{,}33$; $l_3 - l_2 = 0{,}88$.

$G_2 - G_1 = \mathbf{0{,}206}$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}1955$ $M_{1-2} = 0{,}1564$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}2650}$

$G_3 - G_2 = 0{,}071$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}1404$ $M_{2-3} = 0{,}1123$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}2597}$

**Versuch 89.** **0,8 mol Glyzerin** 4. XI. 1943. T = 18° C.

Eing. $8^h$; 1. Mess.: $9^h 08'-15'$; 2. Mess.: $10^h 30'-35'$; 3. Mess.: $11^h 41'-45'$.

Mittelw.: $h = 14{,}15$; $b = 7{,}54$; $l_1 = 10{,}67$; $l_2 - l_1 = 1{,}16$; $l_3 - l_2 = 1{,}08$.

$G_2 - G_1 = 0{,}082$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0604$ $M_{1-2} = 0{,}0483$ $\mathbf{P'_{1-2} = 0{,}0698}$

$G_3 - G_2 = 0{,}076$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0648$ $M_{2-3} = 0{,}0519$ $\mathbf{P'_{2-3} = 0{,}0821}$

Die Methylharnstoffpermeabilität ist ungefähr 10mal höher als die des Harnstoffs, aber nur 3mal höher als die Glyzerinpermeabilität. Das Glyzerin permeiert merklich schneller als der Harnstoff.

Wie man aus den angeführten Versuchen ersieht, ist das Verhältnis der Harnstoff- zu der Methylharnstoff- und Glyzerinpermeabilität bei den verschiedenen Lebermoosen durchaus nicht gleich.

Es treten hier dieselben Unterschiede auf, wie sie bei den anderen pflanzlichen Objekten festgestellt wurden. Man kann ebenfalls einen Harnstoff- und einen Glyzerintypus unterscheiden.

Vertreter des ausgeprägten Harnstofftypus sind unter anderen die Grundgewebszellen von *Dumortiera hirsuta* (Harnstoff permeiert ungefähr 10mal schneller als Glyzerin), die 2. bzw. 3. Blättchen von *Leptoscyphus anomalus* (10mal schneller), die älteren Blättchen der grünen Triebe von *Gymnocolea inflata* (6mal schneller) und *Harpanthus Flotovianus* (5mal).

Geringere Unterschiede der Permeabilität von Harnstoff und Glyzerin bestehen bei *Aplozia riparia var. rivularis* (Harnstoff 3mal schneller) und bei *Cephalozia bicuspidata* (Zwergform) (3mal). Eine schwächere Überlegenheit der Harnstoffpermeabilität zeigen *Lophozia Mülleri* (bis $2^1/_2$mal schneller), *Aplozia sphaerocarpa* (2mal) und *Aplozia cordifolia* (2mal). *Aplozia riparia* nimmt eine Mittelstellung ein, denn hier permeiert Harnstoff nicht einmal doppelt so rasch. *Lophozia Wenzelii* schließt sich an und weist bereits zum Glyzerintypus hinüber. Gleich schnelles Eindringen von Harnstoff und Glyzerin zeigen *Scapania dentata, Anthoceros punctatus* und die Epidermiszellen von *Dumortiera hirsuta*. Einer nächsten Stufe gehört *Calypogeia sphagnicola* an, indem hier Glyzerin deutlich rascher als Harnstoff durch das Plasma dringt. *Calypogeia Neesiana* repräsentiert den extremen Glyzerintypus.

Nach meinen Messungen gehören also einige der für Lebermoose beobachteten Permeabilitätsreihen dem ausgeprägten Harnstofftypus an. Im herbstlichen Material von *Calypogeia Neesiana* lernte ich den extremen Glyzerintypus kennen. Dazwischen liegen die Glyzerin- und Harnstoffquotienten, die ich für eine Reihe anderer Objekte feststellte. Die Amplitude der Extremwerte aus meinen Lebermoosversuchen ist fast ebensoweit gespannt, wie die Amplitude, die Bogen (1938) bei seinen ausgedehnten vergleichenden Versuchen für verschiedenartige Anthophytenzellen fand. Seine Quotienten der Harnstoff- und Glyzerinpermeabilität $Q_{H/G}$ schwanken zwischen 6 und $^1/_{25}$.

Es ist im übrigen selbstverständlich, daß die gemessenen Verhältniswerte nicht als Konstanten der betreffenden Plasmen gewertet werden dürfen. Wir kennen ja aus dem neueren Schrifttum zahlreiche Beispiele, in denen exakt erwiesen ist, daß das Verhältnis der Glyzerin- zur Harnstoffpermeabilität für die gleichen Zellobjekte modifikativ (Schmidt 1939: für Lamium: Trocken- und Feuchtkultur) oder jahreszeitlich (Hofmeister 1938: Ranunculus repens) bedeutenden Schwankungen ausgesetzt ist. Ähnlich wurden auf zoologischem Gebiet z. B. von Mond und Hoff-

mann (unter Höber, 1929) Permeabilitätsverschiedenheiten an Knorpelzellen von „Frühlings- und Winterfröschen" festgestellt. Meine Befunde können vielleicht auf geeignetes, leicht zugängliches Material für Spezialuntersuchungen nach dieser Richtung aufmerksam machen.

Die Frage zu entscheiden, wie weit die absolute Höhe des Permeationsvermögens der einzelnen Stoffe bei den verschiedenen Moosen jahreszeitlichem Wechsel oder anderen Einflüssen unterworfen ist, wird aber noch Aufgabe späterer Untersuchungen bleiben müssen. Wie Hofmeisters Studien an *Ranunculus repens* (1938) gezeigt haben, kann im Laufe des Jahres sogar ein Wechsel vom Harnstoff- zum Glyzerintypus und umgekehrt stattfinden. Dort ist allerdings die Glyzerinpermeabilität mehr oder minder konstant, nur die Harnstoffpermeabilität unterliegt starken Schwankungen. Obwohl *Rhoeo* sehr oft, zu verschiedenen Zeiten und an verschiedenen Orten untersucht wurde, ist an ihr eine solche Umkehr vom Glyzerin- zum Harnstofftypus noch niemals beobachtet worden. Die Veränderlichkeit der Reihen ist also vielleicht nur eine besondere Eigenschaft bestimmter Objekte.

Ein Vergleich der Glyzerinwerte untereinander zeigt uns, daß hier im allgemeinen weitgehende Einheitlichkeit herrscht. Jene liegen meist zwischen 0,04 und 0,01. Überschritten wird dieser Mittelwert besonders stark von herbstlicher *Calypogeia Neesiana* (fast um das 10fache: 0,229 bis 0,32), in geringerem Maße von *Calypogeia sphagnicola* ($P'_{2-3} = 0{,}0821$) und von *Anthoceros punctatus* (0,053). Unter dem Durchschnitt liegen die Glyzerinwerte der Grundgewebszellen von *Dumortiera hirsuta* (0,00732).

Die Methylharnstoffwerte sind ebenfalls einheitlich. Sie liegen zwischen 0,6 und 0,2. Für *Gymnocolea inflata* und *Aplozia riparia var. rivularis* (0,832) ergaben sich etwas höhere Werte. Besonders hoch permeabel für Methylharnstoff sind die Zellen von *Cephalozia bicuspidata* (Zwergform) und von *Anthoceros punctatus*.

Die Permeabilität für Methylharnstoff ist im allgemeinen bedeutend höher als die für Harnstoff. Im Durchschnitt ist sie 5—10mal, bei *Anthoceros punctatus* jedoch 20mal höher. Doch darf nicht verschwiegen werden, daß bei Methylharnstoff die Gefahr einer sekundären Erhöhung der Plasmapermeabilität während der Rückdehnung wesentlich größer ist als bei Harnstoff und Glyzerin und daß daher gerade den Versuchen gegenüber, die eine so hohe Permeabilität für Methylharnstoff ergeben, gewisse Zurückhaltung am Platze ist, so lange nicht ausführliche Spezialversuche über den zeitlichen Verlauf und die Resistenz der Zellen

vorliegen. Hofmeister (1935) hat zu dieser Frage eingehend Stellung genommen. Eine Sonderstellung nimmt mein Versuch mit *Leptoscyphus anomalus* ein, in welchem Harnstoff und Methylharnstoff fast gleich schnell permeieren. Dieses Verhalten scheint zu dem rapiden Harnstofftypus, mit dem wir uns im folgenden Abschnitt ausführlich beschäftigen werden, hinüberzuleiten.

## 3. Rapide Harnstoffdurchlässigkeit bei Chiloscyphus.

Das erstemal wurde der rapide Harnstofftypus von Höfler und Stiegler (1921, 1930) an den Stengelepidermiszellen von *Gentiana Sturmiana* beobachtet. Er ist gekennzeichnet durch besondere Förderung der Harnstoffdurchlässigkeit, die so hoch ist, daß eine deutliche Überlegenheit dem Methylharnstoff gegenüber beobachtet wird. „Die ungewohnte, der Overtonschen Regel widersprechende Reihung Harnstoff > Methylharnstoff kann ja nur im Sinne der geförderten Porenpermeation verstanden werden. Das Plasma der Sturmiana-Stengelepidermiszellen muß nicht nur stark ‚amidophil' im Sinne der Löslichkeit, sondern außerdem hoch porenpermeabel im Sinne einer Filterwirkung angenommen werden." (Höfler 1942, S. 191.) Seither hat sich gezeigt, daß auch andere Epidermiszellen ähnlich hohe Harnstoffpermeabilität und, was vor allem wichtig ist, die Reihung Harnstoff > Methylharnstoff aufweisen. So konnte Bogen mit *Gentiana frigida* (1937, 1938), Kreuz mit Stengelepidermiszellen von *Campanula trachelium* (1941) als Vertreter des rapiden Harnstofftypus arbeiten. Zahlreiche andere rotgefärbte Stengelepidermen krautiger Pflanzen verhalten sich zweifellos ähnlich. Die von W. Rottenburg verwendete *Gentiana austriaca* stimmt mit der nahverwandten G. Sturmiana und G. germanica überein. Die $C_H$-Abhängigkeit der Durchlässigkeit verläuft hier wesentlich anders als bei anderen Plasmen, indem die Durchlässigkeit nach der alkalischen Seite nicht zunimmt, sondern gleich bleibt bzw. abnimmt.

Eine bedeutsame Beobachtung hat nun Marklund 1936 mitgeteilt. Er beobachtete an Elodea in Zone II ein Permeabilitätsverhalten, das dem Gentiana-Sturmiana-Typus entspricht. An Thallophyten und Archegoniaten war rapider Harnstofftypus noch nicht bekannt.

Bei meinen Lebermoosversuchen habe ich in *Chiloscyphus rivularis* ein besonders interessantes Objekt gefunden, das in seinem Permeabilitätsverhalten aus der Reihe der übrigen Lebermoose weit heraustritt. Hier konnte ich ebenfalls rapide Permeation des Harnstoffes beobachten.

Das Material für diese wichtigen Versuche sammelte ich, wie schon erwähnt, in einem kleinen Bächlein im Zießgraben bei Gleißenfeld (Urgesteinsgebiet; Bucklige Welt im Südosten von Niederösterreich). Soweit die Bachsteine aus dem Wasser herausragen, sind sie mit *Chiloscyphus rivularis* dicht bewachsen. Die Moospolster wurden samt den Steinen ins Institut gebracht, wobei sie gegen Austrocknung sorgfältig geschützt wurden. Die Kultur erfolgte in Aquarien, in die Standortwasser so weit eingefüllt wurde, daß sich die Moosdecken ober dem Wasserspiegel befanden. Die Aquarien wurden dann mit Glasplatten bedeckt und ins Kalthaus oder in ein Nordfenster gestellt.

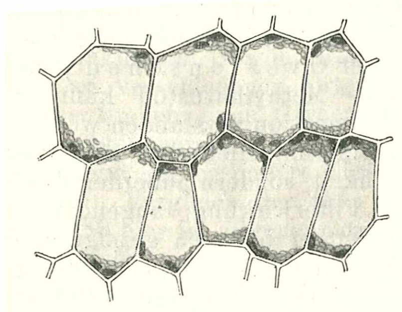


Abb. 2. Zellen von Chiloscyphus rivularis nach rapider Deplasmolyse in Harnstoff: Chloroplasten und Ölkörper an die Zellenden gedrängt.

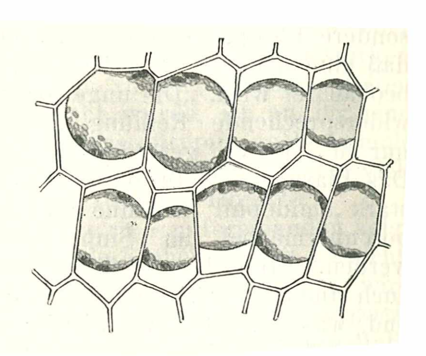


Abb. 3. Neuerliche Plasmolyse der Zellen in Traubenzucker.

Da der Harnstoff ungemein schnell eindringt, konnten bei den einzelnen Versuchen nur ein bis höchstens zwei Zellen gemessen werden. Ich beobachtete jedoch zugleich auch die übrigen Zellen des Blättchens und konnte weitgehend einheitliches Verhalten im Tempo der Rückdehnung der übrigen Zellen feststellen. Zum Vergleich wurden außer der Harnstoffpermeabilität auch diejenige des Methylharnstoffs und Glyzerins gemessen. Ich führe im folgenden eine Versuchsreihe vollständig an. Daß die Zellen durch die verwendeten Diosmotika nicht geschädigt wurden, beweist die nachträgliche Plasmolysierbarkeit in Traubenzucker.

Bei Harnstoffversuchen, in denen rapide Permeation stattfand, konnte ich bei Chiloscyphus immer wieder eine Verdrängung der Chloroplasten und Ölkörper oder leichtes Verkleben der Chloroplasten nach dem Eindringen des Harnstoffes feststellen (Abb. 2 u. 3).

*Chiloscyphus rivularis.*

**1,6 mol Harnstoff**

13. XI. 1942

**Versuch 90.** Eingelegt $11^h$ 38'. 7. Blättchen. T = $16\frac{3}{4}$° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | $11^h$ 41' 10" | 14,9 | 0,645 | 0,0781 | 4,68 |
| h = 16,9 | 42' | 16,0 | 0,710 | | |
| b = 12,0 | 42' 20" | depl. | — | — | — |

| | |
|---|---|
| $11^h$ 55': | Ölkörper normal, Chloroplasten leicht verklebt. |
| $12^h$ 01': | Ölkörper normal, Chloroplasten etwas stärker verklebt. |
| $12^h$ 01' 30": | Übertragen in 0,8 mol Traubenzucker. |
| $14^h$ 45': | In Traubenzucker beobachtet: Schöne Plasmolyse — lebt. |

**Versuch 91.** Eingelegt $12^h$ 07'. 7. Blättchen. T = $16\frac{3}{4}$° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | $12^h$ 11' | 15,3 | 0,785 | 0,054 | 3,240 |
| h = 16 | 11' 50" | 16,0 | 0,830 | 0,112 | 6,725 |
| b = 8,2 | 12' 20" | 16,9 | 0,886 | | |
| | 13' | depl. | — | — | — |

**Versuch 92.** Eingelegt $15^h$ 33' 30". 7. Blättchen. T = 16° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | $15^h$ 35' 40" | 16,0 | 0,636 | 0,0554 | 3,320 |
| h = 20 | 36' 35" | 17,0 | 0,687 | 0,0606 | 3,635 |
| b = 11,2 | 37' 25" | 18,0 | 0,738 | 0,0608 | 3,635 |
| | 38' 15" | 19,0 | 0,789 | 0,0682 | 4,080 |
| | 39' | 20,0 | 0,840 | | |
| | 39' 15" | depl. | — | — | — |

**Versuch 93.** Eingelegt $16^h$ 10' 40". 5. Blättchen. T = 16° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | $16^h$ 11' 45" | 14,5 | 0,732 | 0,1200 | 7,200 |
| h = 16,6 | 12' 30" | 16,0 | 0,822 | | |
| b = 7,0 | 13' 10" | depl. | — | — | — |

**Versuch 94.** Eingelegt $16^h$ 22' 40" 8. Blättchen. T = 16° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | $16^h$ 24' 10" | 14,4 | 0,694 | 0,1046 | 6,275 |
| h = 16,5 | 24' 45" | 15,4 | 0,754 | 0,1095 | 6,565 |
| b = 8,5 | 25' 02" | 16,1 | 0,785 | | |
| | 23' 35" | depl. | — | — | — |

**Versuch 95.** Eingelegt $16^h$ 34' 15", 8. Blättchen. T = 16° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | $16^h$ 35' 30" | 18,0 | 0,691 | 0,0713 | 4,275 |
| h = 21 | 36' 50" | 20,0 | 0,786 | | |
| b = 10,5 | 37' 23" | depl. | — | — | — |

**Versuch 96.** Eingelegt 17h 02′ 20″. 11. Blättchen. T = 16° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | 17h 03′ 55″ | 19,0 | 0,678 | 0,0352 | 2,112 |
| h = 23 | 05′ 10″ | 20,0 | 0,722 | 0,0523 | 3,135 |
| b = 10,2 | 06′ | 21,0 | 0,766 | 0.0523 | 3,135 |
| | 06′ 50″ | 22,0 | 0,808 | | |
| | 07′ 15″ | depl. | — | — | — |

**Versuch 97.** Eingelegt 17h 13′. 6. Blättchen. T = 16° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | 17h 14′ 30″ | 12,5 | 0,579 | 0,0605 | 3,629 |
| h = 16,4 | 15′ | 13,0 | 0,610 | 0,1220 | 7,320 |
| b = 9,0 | 15′ 30″ | 14,0 | 0,671 | 0,2400 | 14,400 |
| | 16′ | 16,0 | 0,793 | | |
| | 16′ 10″ | depl. | — | — | — |

**Versuch 98.** Eingelegt 17h 26′ 40″. 6. Blättchen. T = 16° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | 17h 28′ 45″ | 13,2 | 0,639 | 0,1223 | 7,340 |
| h = 15,6 | 29′ 10″ | 14,0 | 0,690 | 0,1111 | 6,669 |
| b = 8,7 | 29′ 45″ | 15,0 | 0,755 | | |
| | 30′ | depl. | — | — | — |

**Versuch 99.** Eingelegt 17h 43′ 30″. 5. Blättchen. T = 16° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| | 17h 44′ 40″ | 12,0 | 0,621 | 0,1035 | 6,210 |
| h = 14,5 | 45′ 20″ | 13,0 | 0,690 | 0,1035 | 6,210 |
| b = 9,0 | 46′ | 14,0 | 0,759 | 0,1037 | 6,215 |
| | 46′ 40″ | 15,0 | 0,828 | | |
| | 47′ | — | — | — | — |

13\. X. 1943: Jedes Stämmchen wurde nach dem jeweiligen Versuch in 0,8 mol Traubenzucker übertragen. Es trat vitale Plasmolyse ein, das heißt die Zellen lebten.

14\. X. 1943: Die Zellen aller 10 Stämmchen zeigen im Traubenzucker noch schöne Konvexplasmolyse.

## 1,6 mol Methylharnstoff

13\. XI. 1942

**Versuch 100.** Eingelegt 12h 43′ 30″. 7. Blättchen. T = 17° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1 | 12h 47′ 30″ | 13,2 | 0,614 | 0,0304 | 1,847 |
| h = 16,9 | 49′ 25″ | 14,2 | 0,673 | 0,0434 | 2,602 |
| b = 8,5 | 50′ 30″ | 15,0 | 0,720 | 0,0336 | 2,018 |
| | 52′ 15″ | 16,0 | 0,779 | | |
| | 53′ | depl. | — | — | — |
| Zelle 2 | 12h 48′ | 15,0 | 0,770 | 0,0300 | 1,800 |
| h = 16,5 | 50′ | 16,0 | 0,830 | 0,0254 | 1,524 |
| b = 7,5 | 51′ 25″ | 16,6 | 0,866 | | |
| | 52′ 15″ | depl. | — | — | — |

| **Versuch 101.** | Eingelegt $13^h$ 13′. | | 5. Blättchen. | | T = 17° C. |
|---|---|---|---|---|---|
| | | l | G | δg | Δ G |
| Zelle 1 | $13^h$ 13′ 30″ | 15,0 | 0,609 | 0,0204 | 1,224 |
| h = 19,7 | 22′ | 16,0 | 0,660 | 0,0175 | 1,050 |
| b = 9,0 | 24′ 55″ | 17,0 | 0,711 | 0,0170 | 1,020 |
| | 27′ 55″ | 18,0 | 0,762 | 0,0165 | 0,992 |
| | 31′ | 19,0 | 0,813 | 0,0262 | 1,569 |
| | 32′ 57″ | 20,0 | 0,864 | | |
| | 34′ | depl. | — | Zellenende zugespitzt | |
| Zelle 2 | $13^h$ 20′ 20″ | 14,0 | 0,714 | 0,201 | 1,206 |
| h = 15,9 | 23′ 25″ | 15,0 | 0,776 | 0,0173 | 1,039 |
| b = 8,0 | 27′ | 16,0 | 0,840 | | |
| | 29′ 25″ | depl. | — | — | — |

| **Versuch 102.** | Eingelegt $18^h$ 18′. | | 7. Blättchen. | | T = 17° C. |
|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1 | $18^h$ 23′ 35″ | 16,0 | 0,724 | 0,0172 | 1,033 |
| h = 17,5 | 26′ 50″ | 17,0 | 0,780 | 0,0149 | 0,896 |
| b = 10,0 | 30′ 35″ | 18,0 | 0,836 | | |
| | 35′ 35″ | depl. | — | — | — |
| Zelle 2 | $18^h$ 24′ 15″ | 16,0 | 0,619 | 0,0240 | 1,440 |
| h = 21,0 | 28′ 15″ | 18,0 | 0,715 | 0,0164 | 0,987 |
| b = 9,0 | 31′ 10″ | 19,0 | 0,763 | 0,0257 | 1,542 |
| | 34′ 40″ | 20,9 | 0,853 | | |
| | 35′ | depl. | — | — | — |
| Zelle 3 | $18^h$ 25′ 25″ | 14,0 | 0,632 | 0,0177 | 1,060 |
| h = 17,0 | 28′ 25″ | 14,9 | 0,685 | 0,0161 | 0,970 |
| b = 9,8 | 32′ 25″ | 16,0 | 0,750 | | |
| | 34′ | depl. | — | — | — |
| Zelle 4 | $18^h$ 26′ 10″ | 13,0 | 0,667 | 0,0486 | 2,919 |
| h = 15,0 | 29′ 35″ | 15,5 | 0,834 | | |
| b = 9,0 | 29′ 45″ | depl. | — | — | — |

| **Versuch 103.** | Eingelegt $18^h$ 42′ 45″. | | 8. Blättchen. | | T = 17° C. |
|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1 | $18^h$ 48′ 15″ | 16,0 | 0,631 | 0,0417 | 2,505 |
| h = 20,2 | 49′ 37″ | 17,0 | 0,679 | 0,0402 | 2,410 |
| b = 9,5 | 51′ | 18,0 | 0,727 | 0,0280 | 1,680 |
| | 52′ 45″ | 19,0 | 0,776 | | |
| | 53′ 25″ | depl. | — | — | — |
| Zelle 2 | $18^h$ 48′ 55″ | 14,8 | 0,623 | 0,0239 | 1,432 |
| h = 19,5 | 51′ 10″ | 16,0 | 0,684 | 0,0400 | 2,400 |
| b = 8,0 | 52′ 40″ | 17,0 | 0,735 | 0,0329 | 1,971 |
| | 54′ 15″ | 18,0 | 0,787 | 0,0297 | 1,781 |
| | 56′ | 19,0 | 0,839 | | |
| | 56′ 15″ | depl. | — | — | — |

Vergleichbar sind folgende in Parallelversuchen gewonnenen Werte (1 Beispiel) $P'_{1-2}$: 8,13 (Versuch 99), Methylharnstoff: 1,444 (Versuch 101). Der Harnstoff permeiert deutlich schneller! Ich habe am gleichen Material auch die Glyzerinpermeabilität untersucht, die niedrig ausfiel.

### 1,6 mol Glyzerin

19. XI. 1942

**Versuch 104.** Eingelegt $11^h 44' 10''$. 9. Blättchen. $T = 16\frac{1}{2}{}^0$ C.

| Zelle | h | b | $l_1$ (1. Messung $12^h 31'—38'$) | $l_2$ (2. Messung $14^h 29'—37'$) | $\Delta G_{1-2}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 21,5 | 10,5 | 18,0 | 19,0 | 0,0228 |
| 2 | 21,5 | 10,2 | 18,1 | 19,2 | 0,0258 |
| 3 | 24,8 | 8,3 | 20,1 | 22,0 | 0,0393 |
| 4 | 24,0 | 9,3 | 20,2 | 22,0 | 0,0383 |
| 5 | 23,6 | 9,3 | 20,0 | 21,0 | 0,0227 |
| 6 | 21,0 | 8,2 | 18,0 | 19,8 | 0,0418 |
| 7 | 19,0 | 9,3 | 16,5 | 18,1 | 0,0431 |
| 8 | 20,0 | 8,0 | 18,1 | 20,0 | 0,0507 |
| 9 | 18,0 | 9,1 | 15,5 | 17,0 | 0,0490 |
| 10 | 19,7 | 8,8 | 15,9 | 17,9 | 0,0517 |

Die Ergebnisse einer Auswahl weiterer Versuche an ***Chiloscyphus rivularis*** führe ich in Tabellenform an:

### Harnstoff

Gleißenfeld

| Versuch | | mol | Blatt | | δ g | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **105** | 25. XI. 42 | 1,6 | 6. | | 0,0672 | 4,03 |
| | | | | | 0,0943 | 5,66 |
| **106** | 25. XI. 42 | 1,6 | 7. | | 0,1000 | 6,00 |
| **107** | 2. XII. 42 | 1,6 | 6. | | 0,1240 | 7,44 |
| **108** | 1. II. 43 | 1,2 | 21. | | 0,1000 | 6,00 |
| | | | | | 0,1000 | 6,00 |
| | | | | | 0,1000 | 6,00 |
| | | | | | 0,1200 | 7,20 |
| **109** | 1. II. 43 | 1,2 | alt | Z. 1 | 0,1735 | 10,41 |
| | | | | | 0,0614 | 3,69 |
| | | | | Z. 2 | 0,1540 | 9,24 |
| | | | | | 0,0907 | 5,34 |
| **110** | 19. II. 43 | 1,0 | 3. | | 0,1891 | 11,35 |
| **111** | 24. II. 43 | 1,6 | 3. | | 0,0416 | 2,49 |
| | | | | | 0,0666 | 3,99 |
| | | | | | 0,0823 | 4,94 |
| | | | | | 0,1111 | 6,66 |
| **112** | 24. II. 43 | 1,6 | 3. | | 0,0943 | 5,66 |
| | | | | | 0,0825 | 4,95 |
| | | | | | 0,0943 | 5,66 |
| | | | | | 0,0825 | 4,95 |

| Versuch | | mol | Blatt | | δ g | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **113** | 24. II. 43 | 1,6 | 7. | | 0,0910 | 5,46 |
| | | | | | 0,0795 | 4,77 |
| | | | | | 0,0910 | 5,46 |
| | | | | | 0,0910 | 5,46 |
| | | | | | 0,0578 | 2,46 |
| **114** | 12. V. 44 | 1,0 | 3. | | 0,1200 | 7,20 |
| **159** | 13. IV. 44 | 1,4 | 2. | | 0,1149 | 6,89 |
| | | | | | 0,1149 | 6,89 |
| **163** | 28. IV. 44 | 1,4 | 2. | | 0,0560 | 3,36 |
| | | | | | 0,0467 | 2,80 |
| **164** | 28. IV. 44 | 1,4 | | Z. 1 | 0,0880 | 5,28 |
| | | | | | 0,0825 | 4,13 |
| | | | | Z. 2 | 0,0594 | 3,57 |
| | | | | | 0,0594 | 3,57 |
| **166** | 29. IV. 44 | 1,4 | 2. | Z. 1 | 0,1200 | 7,20 |
| | | | | | 0,0670 | 4,02 |
| | | | | Z. 2 | 0,0600 | 3,60 |
| | | | | | 0,0750 | 4,50 |
| **167** | 29. IV. 44 | 1,0 | 2. | Z. 1 | 0,1037 | 6,22 |
| | | | | | 0,0790 | 4,74 |
| | | | | Z. 2 | 0,0525 | 3,15 |
| | | | | | 0,0740 | 4,44 |
| **170** | 29. IV. 44 | 1,0 | 2. | | 0,0775 | 4,34 |
| | | | | | 0,0290 | 1,74 |
| **171** | 2. V. 44 | 1,0 | 3. | | 0,0870 | 5,22 |

## Methylharnstoff

| Versuch | | mol | Blatt | Zelle | δ g | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **175** | 8. V. 44 | 1,0 | 2. | 1 | 0,0092 | 0,550 |
| | | | | 2 | 0,0126 | 0,756 |
| | | | | 3 | 0,0183 | 1,095 |
| | | | | 4 | 0,0160 | 0,960 |
| | | | | 5 | 0,0097 | 0,582 |
| **177** | 8. V. 44 | 1,0 | 3. | 1 | 0,0203 | 1,218 |
| | | | | 2 | 0,0300 | 1,800 |
| | | | | 3 | 0,0184 | 1,091 |
| | | | | 4 | 0,0507 | 3,045 |
| | | | | 5 | 0,0428 | 2,140 |
| **178** | 8. V. 44 | 1,0 | 2. | 1 | 0,0134 | 0,805 |
| | | | | | 0,0123 | 0,737 |
| | | | | | 0,0111 | 0,666 |
| | | | | | 0,0199 | 1,195 |
| | | | | | 0,0036 | 0,216 |
| | | | | | 0,0150 | 0,900 |

| Versuch | | mol | Blatt | Zelle | δ g | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **178** | 8. V. 44 | 1,0 | 2. | 3 | 0,0190 | 1,140 |
| | | | | | 0,0197 | 1,184 |
| | | | | | 0,0164 | 0,985 |
| | | | | 4 | 0,0251 | 1,506 |
| | | | | | 0,0017 | 0,105 |
| | | | | | 0,0198 | 1,190 |

**Glyzerin**

| Versuch | | mol | Blatt | Mittelwert aus | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| **115** | 19. X. 42 | 1,6 | 7. | 10 Zellen | 0,0543 |
| | | | | | 0,0374 |
| **180** | 4. V. 44 | 1,0 | 2. | 7 | 0,0735 |
| | | | | | 0,0698 |
| **181 B** | 5. V. 44 | 1,0 | 2. | 7 | 0,0582 |
| | | | | | 0,0334 |
| | | | | | 0,0476 |
| | | | | | 0,0519 |
| **183 B** | 11. V. 44 | 1,0 | 3. | 5 | 0,0224 |
| | | | | | 0,0167 |

Harnstoff dringt ungemein rasch ein. Die Stundenwerte für Δ G schwanken zwischen 7,0 und 2,0 (einige wenige liegen höher).

Methylharnstoff permeiert deutlich langsamer als Harnstoff. In der IV. Versuchsreihe liegen die Δ G-Werte zwischen 2,6 und 9,7. Bei den Versuchen vom Mai 1944 sind noch tiefere Werte zu beobachten. Hohe Werte, wie 3,045 und 2,14, habe ich nur bei zwei Zellen gefunden (Versuch 177, Zelle 4 und 5). Im allgemeinen liegen sie zwischen 1,2 und 0,55. Harnstoff permeiert durchschnittlich 3mal rascher als Methylharnstoff.

Glyzerin dringt ausgesprochen langsam und nur ein wenig schneller ein als bei den übrigen im vorigen Abschnitt behandelten Lebermoosen. Die Δ G-Werte liegen im Bereich von 0,025 bis 0,073, wobei die höheren Werte überwiegen.

Über die Permeabilität von Traubenzucker und Erythrit liegen mir einige Versuche vor, auf deren Wiedergabe verzichtet wird. Sie zeigen, daß diese beiden Diosmotika, in über zwei bis drei Tage ausgedehnten Versuchen, nur ganz minimal permeieren. Jedenfalls entspricht also auch hier — wie bei der Gentiana-Epidermis — der hohen Harnstoffpermeabilität keineswegs eine irgend ähnliche Durchlässigkeit des Plasmas für den Zucker.

An Chiloscyphus pallescens hatte K. Höfler bereits im Sommer 1941 vor Beginn meiner Arbeit orientierende Versuche unternommen und ebenfalls rapides Eindringen von Harnstoff ge-

funden (H ö f l e r 1945). Er setzte mich jedoch davon erst in Kenntnis, als ich an Chiloscyphus rivularis dasselbe Verhalten festgestellt hatte. Ich habe dann an Chiloscyphus pallescens weitere Versuche angestellt. Es liegen eine größere Zahl Harnstoff- und einige Methylharnstoffversuche vor, deren Ergebnisse mit denen H ö f l e r s übereinstimmen. Auch Glyzerin permeiert dort relativ langsam. Die Ergebnisse einer Auswahl von Versuchen bringe ich in folgender Tabelle:

***Chiloscyphus pallescens***, Golling.

**1,0 mol Harnstoff**

| Versuch | | Blatt | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|
| **116** | 2. X. 43 | 5. | 0,0803 | 4,82 |
| **117** | 4. X. 43 | 8. | 0,0856 | 5,14 |
| | | | 0,0228 | 1,37 |
| | | | 0,0139 | 0,83 |
| **118** | 5. X. 43 | 3. | 0,1142 | 6,85 |
| | | | 0,0334 | 2,00 |
| **119** | 6. X. 43 | 4. | 0,0740 | 4,44 |
| | | | 0,0666 | 3,99 |
| **120** | 6. X. 43 | 3. | 0,1177 | 7,05 |
| **121** | 6. X. 43 | 4. | 0,1060 | 6,96 |
| **122** | 6. X. 43 | 3. | 0,0629 | 3,77 |
| | | | 0,0898 | 5,39 |
| | | | 0,0786 | 4,72 |
| | | | 0,0699 | 4,19 |
| **123** | 7. X. 43 | | 0,1150 | 6,90 |
| | | | 0,0668 | 4,01 |
| **124** | 7. X. 43 | 4. | 0,1655 | 9,93 |
| | | | 0,1380 | 8,28 |
| **125** | 18. X. 43 | 3. | 0,0649 | 3,89 |
| | | | 0,0721 | 4,33 |
| | | | 0,0362 | 2,16 |
| **126** | 20. X. 43 | 4. | 0,0504 | 3,03 |
| | | | 0,0588 | 3,53 |
| **127** | 20. X. 43 | 4. | 0,1250 | 7,50 |
| **128** | 20. X. 43 | 4. | 0,1500 | 9,00 |
| **129** | 20. X. 43 | 7. | 0,1200 | 7,20 |
| **130** | 20. X. 43 | 4. | 0,0750 | 4,50 |
| | | | 0,0577 | 3,46 |
| | | | 0,0192 | 1,15 |
| **131** | 21. X. 43 | 6. | 0,0715 | 4,29 |
| **132** | 21. X. 43 | 6. | 0,0755 | 4,53 |
| **133** | 21. X. 43 | 7. | 0,0645 | 3,87 |
| | | | 0,0645 | 3,87 |

**1,0 mol Methylharnstoff**

| Versuch | | Bl. | Z. | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| **134** | 8. X. 43 | 3. | 1 | 0,0234 | 1,404 |
| | | | | 0,0312 | 1,865 |
| | | | | 0,0187 | 1,124 |
| | | | 2 | 0,0175 | 1,050 |
| | | | | 0,0170 | 1,020 |
| | | | | 0,0170 | 1,022 |
| **135** | 25. X. 43 | 8. | 1 | 0,0250 | 1,502 |
| | | | | 0,0200 | 1,202 |
| | | | | 0,0282 | 1,680 |
| | | | | 0,0435 | 2,610 |
| | | | 3 | 0,0346 | 2,073 |
| | | | | 0,0360 | 1,960 |
| **136** | 25. X. 43 | 8. | 1 | 0,0294 | 1,765 |
| | | | | 0,0131 | 0,786 |
| | | | | 0,0326 | 1,960 |
| | | | | 0,0436 | 2,180 |
| | | | 3 | 0,0250 | 1,230 |
| | | | | 0,0387 | 1,850 |

**Versuch 137.** **1,0 mol Glyzerin** 19. X. 43.

5. Blättchen. Mittelwert (10 Z.) δg = 0,0008. Δ G = 0,0493.

Ich hielt natürlich Umschau nach anderen Lebermoosen, die etwa gleich rapide Harnstoffpermeabilität aufwiesen. Meine Ausbeute war aber nicht groß.

***Lophocolea heterophylla.*** Das hübsche Material wurde in Rekawinkel auf morschen Baumstrünken gesammelt und entwickelte sich bei der Kultur in einer feuchtgehaltenen Glasdose auf natürlicher Unterlage gut weiter. Ich führe hier nur einen Teil der Harnstoffversuche an, die als Beispiel für weitere gelten können.

26. VI. 1943. **2,0 mol Harnstoff** T = 22° C.

| **Versuch** | Blättchen | δg | Δ G |
|---|---|---|---|
| **138** | 7. | 0,1288 | 7,73 |
| **139** | 5. Z. 1 | 0,2450 | 14,72 |
| | Z. 2 | 0,1153 | 6,93 |
| | | 0,1024 | 6,15 |
| **140** | 5. Z. 1 | 0,2547 | 15,29 |
| | Z. 2 | 0,1957 | 11,75 |
| **141** | 5. | 0,2400 | 14,40 |

| **Versuch** | Blättchen | δg | Δ G |
|---|---|---|---|
| **142** | 7. Z. 1 | 0,0720 | 4,32 |
| | | 0,0720 | 4,32 |
| | Z. 2 | 0,1259 | 7,55 |
| **143** | 6. | 0,1027 | 6,16 |
| | | 0,0923 | 5,54 |
| | | 0,1320 | 7,92 |
| **144** | 7. | 0,2400 | 14,40 |
| | | 0,1920 | 11,50 |

Der Harnstoff permeiert also auch bei diesem Moos sehr schnell durchs lebende Plasma.

Auf einige Messungen an *Pedinophyllum,* die in mittleren Stengelblättchen gleichfalls rasche Deplasmolyse in Harnstoff erkennen ließen, komme ich im nächsten Abschnitt zurück.

Mitte April brachte ich von Gleißenfeld drei mit *Chiloscyphus rivularis* bewachsene Steine ins Institut. Die Stämmchen von zwei Steinen zeigten in der „Zone II" (vgl. S. 567, Versuch 114, 159, 163, 164, 166, 167, 171) das eben beschriebene Verhalten: Harnstoff drang rapid schnell, Methylharnstoff etwas langsamer ein. Die Moosstämmchen vom 3. Stein jedoch verhielten sich vollkommen anders: Das außergewöhnlich schnelle Eindringen von Harnstoff konnte nirgends beobachtet werden. Auch im November 1942 war ein Moospolster dabei, dessen Stämmchen nur langsame Permeation des Harnstoffes aufwiesen. Im Mai 1944 wurden auch Methylharnstoff und Glyzerin vergleichend untersucht.

*Chiloscyphus rivularis* vom „3. Stein".

**Versuch 145.** **1,6 mol Harnstoff** 3. V. 1944.

Eingelegt 12h 05′ 55″. 2. Blättchen. T = 15½° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1 | 12h 15′ | 6,4 | 0,589 | | |
| h = 9,0 | 32′ | 6,9 | 0,645 | 0,00332 | 0,199 |
| b = 3,3 | 13h 02′ | 7,3 | 0,689 | 0,00147 | 0,088 |
| | 47′ | 9,0 | 0,877 | 0,00417 | 0,250 |

Δ G-Werte für weitere Zellen:

| Zelle | | | | Zelle | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 0,204 | 0,167 | 0,190 | 7 | 0,079 | 0,100 | 0,167 |
| 3 | 0,247 | 0,047 | 0,079 | 8 | 0,215 | 0,132 | 0,193 |
| 4 | 0,134 | 0,155 | 0,121 | 9 | 0,066 | 0,134 | 0,260 |
| 5 | 0,196 | 0,089 | 0,163 | 10 | 0,169 | 0,134 | 0,176 |
| 6 | 0,166 | 0,230 | 0,158 | 11 | 0,213 | 0,133 | 0,210 |

**Versuch 146.** **1,0 mol Harnstoff** 2. V. 1944.

2. Blättchen. T = 15½° C.

Z. 1; Δ G = 0,600; 0,027; 0,09. Z. 2: 0,078; 0,0644. Z. 3: 0,300; 0,0294.

**Versuch 147.** **1,0 mol Harnstoff** 6. V. 1944. T = 17½ °C.

Mittelwerte (je 10 bis 11 Zellen):
**A** (2. Blättchen): $\Delta G_{1-2} = 0{,}1914$.
**B** (4. Blättchen): $\Delta G_{1-2} = 0{,}1144$; $\Delta G_{2-3} = 0{,}1378$.
**C** (altes Blättchen): $\Delta G_{1-2} = 0{,}088$; $\Delta G_{2-3} = 0{,}0819$.

**Versuch 148.** **1,0 mol Harnstoff** 13. V. 1944. T = 18° C.

**A:** 1. Blättchen:

Z. 1: h = 8,5; b = 3,6; 10h 44′, $l_1 = 7{,}1$; 11h 29′ 30″, $l_2 = 8{,}0$; Δ G = 0,122.
Z. 2: h = 8,4; b = 3,9; 10h 44′ 40″, $l_1 = 6{,}7$; 11h 29′, $l_2 = 7{,}7$; Δ G = 0,165.

**B:** 2. Blättchen:

Z. 1: h = 10; b = 3,8; 10h 37′, $l_1 = 8{,}8$; 11h 18′, $l_2 = 10$; Δ G = 0,153.

In weiteren Zellen:

Δ G = 0,078; 0,528; 0,178; 0,173; 0,182; 0,047; 0,088; 0,194; 0,198.

**1,0 mol Methylharnstoff**

**Versuch 149.** Eingelegt 13h 43′ 50″. T = 18° C. 13. V. 1944.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1 | 13h 47′ 55″ | 7,5 | 0,667 | | |
| h = 8,7 | 50′ 55″ | 7,9 | 0,713 | 0,0153 | 0,918 |
| b = 5,1 | 57′ 55″ | 8,3 | 0,759 | 0,0067 | 0,394 |

Δ G-Werte für weitere Zellen: Z. 2: 1,17; 0,33. Z. 4: 0,105; 0,60.
Z. 3: 0,51; 0,78. Z. 5: 0,660; 0,22.

13. V. 1944. **1,0 mol Methylharnstoff** T = 18° C.

| Versuch | Blättchen | Zelle | Δ G | Versuch | Blättchen | Zelle | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **150** | 2. | 1 | 1,074 | **152 C** | altes | 1 | 0,806<br>0,516 |
| | | 2 | 0,823 | | | 2 | 0,771 |
| | | 3 | 0,662 | | | 3 | 0,576<br>0,270 |
| | | 4 | 0,835 | | | 4 | 0,568 |
| **151** | 2. | 1 | 1,032<br>2,160 | | | 5 | 0,568<br>0,428 |
| | | 2 | 3,000<br>1,499 | | | 6 | 0,823 |
| | | 3 | 1,499 | **153 A** | 1. | 1 | 0,920<br>0,506 |
| **152 A** | 1. | 1 | 1,106<br>0,463 | | | 2 | 1,255 |
| | | 2 | 1,232 | | | 3 | 0,450<br>1,416 |
| **152 B** | | 1 | 0,428<br>0,750 | | | 4 | 0,467 |
| | | 2 | 0,788<br>0,671 | **153 B** | 2. | 1 | 1,695 |
| | | 3 | 0,879<br>0,693 | | | 2 | 1,380 |
| | | | | | | 3 | 1,547 |

**1,0 mol Glyzerin**

**Versuch 154 A.** Eingelegt $14^h\,06'$; 2. Blättchen; 6. V. 1944. T = $17\frac{1}{2}$ ° C.
1. Messung: $14^h\,21' - 25'$; 2. Messung: $15^h\,06' - 12'$; 3. Messung: $16^h\,27' - 33'$.
Mittelw. (10 Z.): $h = 7{,}64$; $b = 2{,}85$; $l_1 = 5{,}95$; $l_2 - l_1 = 0{,}26$; $l_3 - l_2 = 0{,}36$.
$G_2 - G_1 = 0{,}037$ $G_3 - G_2 = 0{,}070$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0499$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0523$.

**Versuch 154 B.** Eingelegt $14^h\,06'$; 5. Blättchen; 6. V. 1944. T = $17\frac{1}{2}$ ° C.
1. Messung: $14^h\,29' - 33'$; 2. Messung: $15^h\,16' - 22'$; 3. Messung: $16^h\,55' - 17^h\,01'$; 4. Messung: $18^h\,00' - 04'$.
Mittelwerte (10 Zellen): $h = 9{,}57$; $b = 3{,}51$; $l_1 = 7{,}26$; $l_2 - l_1 = 0{,}15$; $l_3 - l_2 = 0{,}47$; $l_4 - l_3 = 0{,}32$.
$G_2 - G_1 = 0{,}0207$ $G_3 - G_2 = 0{,}048$ $G_4 - G_3 = 0{,}032$.
$\Delta G_{1-2} = 0{,}0258$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0289$ $\Delta G_{3-4} = 0{,}0296$.

**Versuch 154 C.** Eingelegt $14^h\,06'$. Ganz altes Blättchen, 6. V. 1944. T = $17\frac{1}{2}$ ° C.
1. Messung: $14^h\,37' - 38'$; 2. Messung: $15^h\,26' - 27'$; 3. Messung: $17^h\,03' - 04'$.
Mittelw. (8 Z.): $h = 7{,}2$; $b = 3{,}15$; $l_1 = 5{,}74$; $l_2 - l_1 = 0{,}18$; $l_3 - l_2 = 0{,}31$
$G_2 - G_1 = 0{,}030$ $G_3 - G_2 = 0{,}053$ $\Delta G_{1-2} = 0{,}0338$ $\Delta G_{2-3} = 0{,}0319$

Bei weiteren Versuchen im Sommer 1944 an *Chiloscyphus rivularis* aus Gleißenfeld und an *Ch. pallescens* aus Golling konnte ich wieder nur geringe Permeabilität für Harnstoff feststellen.

Beide Spezies zeigen rapide Harnstoffpermeabilität und stimmen zweifellos mit Gentiana in den wesentlichen Zügen des Permeabilitätsverhaltens überein. Sie sind also die ersten Vertreter dieses Typus der Permeabilitätsreihen aus dem Reiche der Kryptogamen.

Besonderes Interesse gewinnen nun aber diese beiden Objekte für die Permeabilitätsforschung dadurch, daß die rapide Harnstoffpermeabilität nicht immer angetroffen wird, sondern daß gleiche Zellen auch eine geringe Durchlässigkeit aufweisen. Diese Wahrnehmung war mir zunächst überraschend. Ich habe die Richtigkeit dieser Beobachtung in so zahlreichen Versuchen bestätigt gefunden, daß an der Grundtatsache kein Zweifel mehr besteht, da die Zellen, beidemale in voll vitalem Zustand, einmal rapide, das anderemal langsame Harnstoffpermeabilität aufweisen.

Die Ätiologie der Permeabilitätsänderung konnte freilich noch nicht aufgeklärt werden, und naturgemäß muß die endgültige Bearbeitung dieser Frage auch einer eigenen Untersuchung vorbehalten bleiben.

Es ist mir bei diesen Versuchen aufgefallen, daß die Stämmchen vom 3. Stein Antheridien trugen, vom 1. und 2. Stein jedoch nicht. Bei *Chiloscyphus rivularis* und *pallescens,* an welchen ich dann im Sommer 1944 langsames Eindringen von Harnstoff feststellte, waren auch Antheridien vorhanden. Die Frage, ob das verschiedene Permeationsverhalten damit im Zusammenhang steht, bleibt offen.

Einen weiteren wichtigen Aufschluß zur Frage der Permeabilitätsänderung am gleichen Objekt sollen die Beobachtungen des nächsten Kapitels bringen.

## 4. Beobachtungen über Altersgradienten der Plasmapermeabilität.

Junge und alte Zellen zeigen bedeutende protoplasmatische Unterschiede. So zeigt sich die Viskosität junger, im Streckungswachstum befindlicher Zellen, nach Webers Plasmolyseformmethode beurteilt, meist größer als die der erwachsenen (Moder 1932, Strugger 1934, 1935; u. a.). Diese Erscheinung habe ich auch an den jungen Blättchen von *Chiloscyphus rivularis* und *pallescens* sehr gut beobachten können. Die Protoplastenrundung erfolgte in den unerwachsenen, zur Knospe gefalteten Blättchen an der Spitze des Stämmchens sehr spät oder überhaupt nicht vollständig. Auch in den Zellen des ersten ausgebreiteten Blättchens nach der Knospe, welches noch nicht erwachsen ist, kann etwas höhere Viskosität als in den älteren Blättchen beobachtet werden.

Besonders interessante Unterschiede weist das Verhalten bei Vitalfärbung auf. Neutralrot färbt die Dauerzellen des *Elodea*-Blattes stark an, während die jungen, im Streckungswachstum befindlichen Zellen farblos bleiben. Die Ursache ist vielleicht unter anderem in der verschiedenen Permeation des Farbstoffes (Moder 1932, Meindl 1934, Strugger 1935) zu suchen.

Die Harnstoffpermeabilität der im Streckungswachstum befindlichen Zellen ist nun ebenfalls nur sehr gering oder sie fehlt fast ganz. In die Dauerzellen dringt Harnstoff normal ein (Strugger 1935). Die Ergebnisse von Marklund (1936) an *Taraxacum*-Blättchen verschiedener Entwicklungsstadien, von Moder (1932) und Strugger (1935) am *Elodea*-Blatt, von Hofmeister (1938) an *Ranunculus repens* im Frühjahr und Herbst stimmen grundsätzlich mit meinen Befunden an *Chiloscyphus* überein. Auch Ruges Beobachtungen über Änderungen der Permeabilität junger und erwachsener *Rhoeozellen* sind hier zu erwähnen. Ruge (1943, S. 594) schreibt: „Während also die Epidermiszellen des *Rhoeo*-Blattes mit ihrer Ausdifferenzierung eine Permeabiltätssteigerung für Erythrit und Glyzerin erfahren, ergibt sich für die Amide eine Permeabilitätsabnahme." Weber (1931 a) hatte an *Spirogyra* beobachtet, daß die eben aus der Mitose hervorgegangenen Zellen für Harnstoff praktisch impermeabel sind, während es bei den erwachsenen Zellen zu keiner Plasmolyse kommt; die hohe Harnstoffkonzentration war für die alten Zellen schädlich. An den Schließzellen von *Ranunculus ficaria* stellte Weber als erster (1931 b) fest, daß die noch nicht funktionsfähigen Schließzellen für Harnstoff impermeabel, die ausdifferenzierten hingegen permeabel sind. Im besonderen schließen sich meine Beobachtungen an *Chiloscyphus* denen von Marklund (1936) an *Elodea densa* an. Marklund beobachtete eine bestimmte Stelle an der Basis verschieden alter Blätter und stellte drei Zonen fest, die sich durch ihre Permeabilitätseigenschaften wesentlich unterscheiden. Zone I ist die Spitzenzone, wo Methylharnstoff viel schneller permeiert als Harnstoff und der Stoffdurchtritt überhaupt, absolut genommen, langsam geschieht (Marklund, 1936, S. 31). „Für Zone II ist die durchschnittlich schnelle Permeation bezeichnend; Harnstoff tritt mit größerer Geschwindigkeit ein als Methylharnstoff. Zur Zone III gehören die alten Blätter, in deren Basalzellen Harnstoff wiederum langsamer als Methylharnstoff permeiert und wo die durchschnittliche Permeabilität kleiner als in Zone II, aber doch größer als in Zone I ist" (S. 32). Die Deplasmolysezeiten eines Versuches, den Marklund als Musterbeispiel angibt, zeigen die Permeabilitätsunterschiede der einzelnen Stoffe (S. 33):

| | Zone I | Zone II | Zone III |
|---|---|---|---|
| Methylharnstoff | 43 Min. | 9 Min. | 16 Min. |
| Harnstoff | 4 Std. | 4 | 20 |
| Glyzerin . | 8½ | 45 | — |
| Malonamid | 40 | 100 | — |

Ich habe nun an *Chiloscyphus rivularis* eine ähnliche Zonung wie Marklund an *Elodea* beobachtet. Es war mir bei den verschiedenen Versuchsreihen, die ich an den beiden *Chiloscyphus*-Arten durchführte, aufgefallen, daß bei Harnstoffversuchen in den jungen Blättchen[3] noch ziemlich starke Plasmolyse zu sehen war, wenn die Zellen der anderen Blättchen bereits deplasmolysiert waren. In einer eigenen Versuchsreihe habe ich mich dann mit diesem Phänomen genauer beschäftigt. Ich brachte, wie schon erwähnt, drei von *Chiloscyphus* bewachsene Bachsteine aus Gleißenfeld mit. Die Stämmchen des Moospolsters vom „3. Stein" wiesen durchwegs geringe Harnstoffpermeabilität auf. Das Material vom „1. und 2. Stein" hingegen zeigte eine deutliche Zonung.

## a) Harnstoffpermeabilität.

***Chiloscyphus rivularis*** vom „1. Stein".

**1,2 mol Harnstoff**

**Versuch 155.** Eingelegt $16^h\,30'\,30''$. 12. IV. 1944. $T = 13\frac{1}{2}\,^0$ C.

1. Blättchen — Zone I

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1 | $16^h\,33'\,30''$ | 9,0 | 0,643 | | |
| h = 11,5 | $17^h\,16'\,30''$ | 9,5 | 0,687 | 0,00102 | 0,0612 |
| b = 4,8 | $18^h\,16'\,30''$ | 10,1 | 0,739 | 0,00086 | 0,0516 |
| | $18^h\,46'\,30''$ | 10,4 | 0,765 | 0,00086 | 0,0516 |
| Zelle 2 | $16^h\,34'$ | 8,5 | 0,600 | | |
| h = 11,5 | $17^h\,18'$ | 9,1 | 0,652 | 0,00118 | 0,0708 |
| b = 4,8 | $18^h\,18'$ | 10,0 | 0,730 | 0,00130 | 0,0780 |
| | $18^h\,48'$ | 10,7 | 0,791 | 0,00230 | 0,1219 |

$16^h\,40'$: ab 3. Blättchen kaum mehr Plasmolyse (Zone II).

**Versuch 156.** Eingelegt $10^h\,05'\,45''$. 13. IV. 1944. $T = 14\frac{1}{2}\,^0$ C.

$10^h\,06'\,30''$ — 09': 1. Blättchen (halberwachsen): Starke Plasmolyse — Zone I.
2. Blättchen: Minimalste Plasmolyse — Zone II.

[3] Es ist oft schwer zu entscheiden, welches Blättchen man als erstes nach der Knospe bezeichnen soll. Der Entwicklungsstand ist nicht immer gleich. Ein ganz kleines Blättchen habe ich doch noch zur Knospe gerechnet, auch wenn es bereits ausgebreitet war. Als erstes Blättchen habe ich also das erste zumindestens halberwachsene Blatt bezeichnet.

10h 28': 1. Blättchen noch starke, 10h 49' noch schwache, 11h 10' keine Plasmolyse mehr. 11h 11' in 1,5 mol Traubenzucker übertragen. 12h 30' erneute Plasmolyse.

**Versuch 157.** 1. Blättchen — Zone I. 13. IV. 1944. T = 14½° C.

Δ G-Werte:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1: 0,170; | 0,040; | 0,082; | 0,095. | | Zelle 6: 0,071; | 0,106; | 0,098. |
| 2: 0.102; | 0,025; | 0,081; | 0,099. | | 7: 0,071; | 0,078; | 0,074. |
| 3: 0,122; | 0,103; | 0,110; | 0,060. | | 8: 0,074; | 0,078; | 0,121. |
| 4: 0,063; | 0,074; | 0,104; | 0,069. | | 9: 0,154; | 0,092; | depl. |
| 5: 0; | 0,160; | 0,043; | — | | 10: 0,201; | 0,095; | |

Zone II deutlich erkennbar.

## 1,4 mol Harnstoff

**Versuch 158.** Eingelegt 17h 15' 20". 13. IV. 1944. T = 14½° C.

4. Blättchen. — Übergang von Zone II zu III.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| h = 11,2 | 17h 16' 50" | 10,0 | 0,758 | | |
| b = 4,5 | 17' 50" | 10,5 | 0,803 | 0,0455 | 2,730 |
| | 19' 15" | 11,0 | 0,849 | 0,0321 | 1,925 |

17h 26': im ersten Blättchen (Zone I) noch starke Plasmolyse.

**Versuch 159.** Eingelegt 17h 33' 40". 13. IV. 1944. T = 14½° C.

2. Blättchen — Zone II.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| h = 15,0 | 17h 34' 45" | 12,0 | 0,660 | | |
| b = 6,3 | 35' 20" | 13,0 | 0,727 | 0,1146 | 6,876 |
| | 35' 45" | 14,0 | 0,794 | 0,1608 | 9,648 |

17h 39': im ersten Blättchen (Zone I) noch starke Plasmolyse.

**Versuch 160.** Eingelegt 11h 25' 30". 15. IV. 1944. T = 14°C.

Mittleres Blättchen — Übergang zu Zone III.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| h = 10,8 | 11h 32' 30" | 9,3 | 0,775 | | |
| b = 4,2 | 38' 30" | 10,0 | 0,843 | 0,01133 | 0,679 |
| | 43' 30" | 10,2 | 0,862 | 0,00380 | 0,228 |
| | 46' 30" | 10,7 | 0,912 | 0,01667 | 1,000 |

**Versuch 161.** 4. Blättchen — Übergang zu Zone III. 15. IV. 1944. T = 15° C.

Δ G-Werte: Zelle 1: 2,517. Zelle 2: 1,909. Zelle 3: 1,518.

**Versuch 162.** 1. Blättchen — Zone I. 15. IV. 1944. T = 15° C.

Δ G-Werte: Zelle 1: 0,198; 0,170; 0,032. Zelle 3: 0,104; 0,122; 0,132.
2; 0,104; 0,076; 0,112. 4: 0,183; 0,164; 0,128.

Zone II vom 4. bis 7. Blättchen.

*Chiloscyphus rivularis* vom „2. Stein".

**1,4 mol Harnstoff**

**Versuch 163.** Eing. $14^h$ 47′ 20″. 2. Blättchen — Zone II. 28. IV. 1944. T = 17° C.

h = 14,2; b = 6; $14^h$ 50′ 45″, $l_1 = 12$; 52′ $l_2 = 13$; 55′ 30″, $l_3 = 14$; Δ G = 3,36; 2,8. $14^h$ 57′: vom 4. Blättchen an noch Plasmolyse — Zone III.

**Versuch 164.** Eing. $15^h$ 06′ 25″. 2. Blättchen — Zone II. 28. IV. 1944. T = 17° C.

Zelle 1: h = 11,2; b = 3,9; $15^h$ 08′, $l_1 = 9,05$; 09′, $l_2 = 10,5$; 09′ 40″, $l_3 = 11,5$; 10′ 30″ depl.; Δ G = 5,28; 4,95. Zelle 2: h = 10,2; b = 4,8; $15^h$ 08′ 30″, $l_1 = 9$; 09′ 20″, $l_2 = 9,5$; 10′ 10″, $l_3 = 10$; Δ G = 3,566. $15^h$ 19′: ab 5. Blättchen noch schwache Plasmolyse — Zone III.

**Versuch 165.** Eingelegt $16^h$ 36′ 30″. 28. IV. 1944. T = 17° C.

**A:** 2. Blättchen — Zone II.

Zelle 1: h = 10; b = 4,8; $16^h$ 41′ 40″, $l_1 = 8$; 43′ 40″, $l_2 = 9$; 46′ 40″ $l_3 = 9,8$; 49′ 40″, $l_4 = 10$; Δ G = 3,0; 1,603; 0,395. Zelle 2: h = 10; b = 4,8; 42′ 10″, $l_1 = 8$; 44′ 10″, $l_2 = 8,6$ 48′ 10″, $l_3 = 9,4$; 50′ 10″, $l_4 = 10$; Δ G = 1,8; 1,2; 1,8. Zelle 3: 42′ 50″, $l_1 = 8,5$; 44′ 50″, $l_2 = 9$; 48′ 50″, $l_3 = 9,9$; 50′ 50″, $l_4 = 10,1$; Δ G = 1,44; 1,35; 0,6.

**B:** 3. Blättchen — Zone III.

Zelle 1: h = 13,5; b = 3,9; $17^h$ 05, $l_1 = 10$; 29′, $l_2 = 10,8$; $18^h$ 29′, $l_3 = 11,2$; 52′, $l_4 = 11,4$; $19^h$ 16′, $l_5 = 11,8$; Δ G = 0,147; 0,029; 0,036; 0,07.

Δ G-Werte für weitere Zellen: Zelle 2: 0; 0,08; 0,046; 0,017. Zelle 3: 0; 0,048; 0,041. Zelle 4: 0,033; 0,066; 0,089; 0,031.

**C:** 8. Blättchen — Zone III.

Zelle 1: h = 10; b = 5,7; $17^h$ 15′ 30″, $l_1 = 7,9$; 35′ 30″, $l_2 = 8$; $18^h$ 34′ 30″ $l_3 = 8,3$; 57′ 30″, $l_4 = 8,5$; $19^h$ 21′ 30″, $l_5 = 8,7$; Δ G = 0,03; 0,03; 0,052; 0,05.

Δ G-Werte für weitere Zellen: Zelle 2: 0,143; 0,133; 0,053. Zelle 3: 0,027; 0,053; 0,069; 0,029.

$16^h$ 57′: 1. Blättchen: Starke Plasmolyse — Zone I.
2. Deplasmolyse — II.
3. Plasmolyse — III.

Die Zonen sind deutlich erkennbar. Die Zone II beschränkt sich bei diesem Stämmchen auf die beiden zweiten Blättchen. Die Harnstoffpermeabilität war in der II. Zone niedriger als gewöhnlich.

**Versuch 166.** 2. Blättchen — Zone II. 29. IV. 1944. T = $15\frac{3}{4}$° C.

Zelle 1: Δ G = 7,2; 4,02. Zelle 2: Δ G = 3,6; 4,5. Ab 4. Blättchen — Zone III.

**1,0 mol Harnstoff**

**Versuch 167.** Eing. $12^h$ 24′ 15″. 2. Blättchen — Zone II. 29. IV. 1944. T = 16° C.

Zelle 1: h = 11,3; b = 4,5; $12^h$ 25′ 20″, $l_1 = 9$; 26′ 15″, $l_2 = 10,1$; 27′ 15″ $l_3$ — 11; Δ G = 6,22; 4,74. Zelle 2: h = 10,5; b = 6,6; $12^h$ 26′, $l_1 = 9$; 28′, $l_2 = 10,1$; 28′ 30″, $l_3 = 10,5$; Δ G = 3,15; 4,44.

**Versuch 168.** 29. IV. 1944. 2. Blättchen — Zone II. Zelle 1: Δ G = 2,573; 2,16; 1,52. Zelle 2: Δ G = 2,46. Zelle 3: Δ G = 3,45.

1. Blättchen — Zone I; 2.—5. Blättchen — Zone II; ab 6. Blättchen — Zone III.

**Versuch 169.** 7. Blättchen — Zone III. 29. IV. 1944.

Δ G-Werte:

| Zelle | | | | Zelle | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1: | 0,273; | 0,086; | 0,199. | 6: | 0,197; | 0,044. | |
| 2: | 0,258; | 0,033; | 0,027. | 7: | 0,046; | 0,156; | 0,055. |
| 3: | 0,092; | 0; | 0,150. | 8: | 0,098; | 0,107; | 0,090. |
| 4: | 0,287; | 0; | 0,115. | 9: | 0,077; | 0,425; | 0,054. |
| 5: | 0,092; | 0,088; | 0,195. | 10: | 0,212; | 0,024. | |

**Versuch 170.** Eing. $14^h\,37'$; 2. Blättchen — Zone II. 29. IV. 1944. $T = 15\frac{1}{2}{}^0$ C.

$h = 10,5$; $b = 5,1$; $14^h\,39'$, $l_1 = 9,1$; $14^h\,10'$, $l_2 = 10$; $41'\,30''$, $l_3 = 10,5$; Δ G = 4,65; 1,74.

**Versuch 171.** 2. V. 1944. 2. Blättchen — Zone II. Δ G = 5,22.

Alle drei Zonen deutlich sichtbar.

### 1,6 mol Harnstoff

**Versuch 172.** 3. Blättchen — Übergang zu Zone II. 2. V. 1944. $T = 15^0$ C.

Zelle 1: Δ G = 0,9; 1,8; 0,797; 0,6. Zelle 2: Δ G = 1,47; 1,05.

**Versuch 173.** **1,0 mol Harnstoff** 12. V. 1944. $T = 18^0$ C.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| A: 1. Bl. — Zone I: | Δ G, | Z. 1: | 1,062; 1,16; 0,58; | Z. 2: | 0,762; 0,762. |
| B: 2. „ — II: | Δ G, | „ 1: | 1,314; 2,88; 1,26; | „ 2: | 2,52; 1,02; 0,87; 1,158. |
| C: 4. — III: | Δ G, | „ 1: | 0,109; 0,01; | 2: | 0,078; 0,083. |
| D: 8. „ — III: | Δ G, | 1: | 0,013; 0,095. | „ 2: | 0,091; 0,045. |
| | | „ 3: | 0,087; 0,051. | „ 4: | 0,0164. |

Die Harnstoffpermeabilität ist hier in Zone II nicht so hoch wie bei früheren Versuchen. Dadurch tritt der Unterschied zwischen Zone I und II nicht so stark hervor.

Aus den angeführten Versuchen ersehen wir, daß Harnstoff in die Zellen verschieden alter Blättchen verschieden rasch eindringt. Man erkennt bei Elodea drei Zonen: Zone I mit langsamer, Zone II mit rascher und Zone III wiederum mit langsamer Permeation des Harnstoffs. Die Δ G-Werte, welche ich für die Zone I erhielt, waren beim Material vom 1. Stein niedriger als bei dem vom 2. Stein. Beim ersteren trat daher der Unterschied zwischen Zone I und Zone II bedeutend stärker hervor.

Durch Zufall war mir mit den drei die Moosrasen tragenden Steinen so verschiedenartiges Material zugleich in die Hände gefallen. Dies bot den großen Vorteil, daß ich den normalen und den extremen Harnstofftypus sowohl an verschiedenem Material als

auch an denselben Stämmchen in altersgemäßer Reihenfolge nebeneinander untersuchen konnte. Andererseits war ich dadurch vor eine große Anzahl neuer, wichtiger Fragen gestellt, zu deren Beantwortung allerdings zahlreiche Versuche nötig waren. Freilich hat die strenge Vergleichbarkeit der einzelnen Versuche etwas gelitten, da sich das Material im Laufe des Monats, über den sich die Versuche ausdehnten, etwas änderte.

Während bei den Versuchen am Material vom 2. Stein der Unterschied zwischen Zone I und II fast ebenso deutlich hervortrat wie bei dem vom 1. Stein, waren die beiden Zonen bei späteren Versuchen nicht mehr so gut erkennbar, und schließlich konnte ich sehen, daß Harnstoff in die ersten Blättchen sogar etwas rascher eindrang als in die zweiten.

Die $\Delta$G-Werte der Harnstoffpermeabilität für Zone I schwankten beim Material vom 1. Stein zwischen 0,2 und 0,05, vom 2. Stein zwischen 1,16 und 0,76 (Versuch 163, ein Monat später durchgeführt als die Versuche am 1. Stein). Die $\Delta$G-Werte der Zone II lagen zwischen 7,0 und 1,5, die der Zone III zwischen 0,2 und 0,02.

Besonderes Augenmerk muß auf den Übergang von Zone zu Zone gelegt werden. Marklund sagt für *Elodea* (1936, S. 107): „Der Übergang zwischen Zone II und III geschieht ganz allmählich. Dagegen ist der Übergang von Zone I zu Zone II sehr schroff."

Lebermoosstämmchen sind für diese Beobachtungen besonders gut geeignet. Bei schwacher Vergrößerung hat man das ganze Stämmchen vor sich und kann die Zonung und die Übergänge derselben ineinander klar beobachten. Diese Übergänge erfolgten bei *Chiloscyphus* in der gleichen Weise, wie sie Marklund an *Elodea* beschrieben hat.

Die Blättchen stehen wechselseitig am Stengel. Das Alter der beiden ersten, der beiden zweiten Blättchen usw. ist natürlich nicht gleich. Dies macht sich beim Übergang der Zonen deutlich bemerkbar. Ich habe daher bei späteren Versuchen die Blättchen als 1a und 1b, 2a usw. bezeichnet (Abb. 4). Im Mai 1944 verhielt es sich, was die Breite der Zonen und ihre Übergänge betrifft, meist folgendermaßen: 1a ganz langsame, 1b langsame, 2a schnelle, 2b ganz schnelle, 3a schnelle, 3b mittelschelle, 4a ziemlich langsame Harnstoffpermeabilität; allmähliches Ausklingen in den weiteren Blättchen. Die fließenden Übergänge zwischen den Zonen

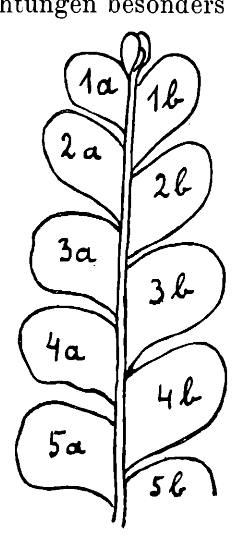


Abb. 4. (Erklärung im Text nebenan.)

bedingten eine etwas größere Schwankungsbreite der Permeationswerte für die einzelnen Zonen. Sind die Lebermoose für solche Beobachtungen besonders günstig, so stehen andererseits aber der gleichzeitigen Messung von Zellen verschiedener Zonen große Schwierigkeiten entgegen. In Zone II ist die Harnstoffpermeation so groß, daß man hier ein bis zwei Zellen fortlaufend messen muß und für die beiden anderen Zonen erst Zeit hat, wenn die Protoplaste der zweiten Zone deplasmolysiert sind. Dies ist ein Nachteil, da die Werte im ersten Abschnitt der Versuche nicht gleichzeitig gemessen werden können.

Die Breite der einzelnen Zonen ist nun nicht bei jedem Material gleich. Bei den Versuchen im April und Mai 1944 umfaßte die Zone I nur die Blättchen 1 a und 1 b, die Zone II 2 a, 2 b, 3 a, eventuell 3 b (2 b am schnellsten), alle übrigen Blättchen gehörten bereits der Zone III an. Im Herbst 1942 hatte ich die Zone I und II beobachtet, die Zone III hingegen war bei Stämmchen mit durchschnittlich 10 Blättchen nicht vorhanden. Die Zone II begann bei den 2. Blättchen und erstreckte sich über alle übrigen. Wie ich bei weiteren, hier nicht mitgeteilten Versuchen beobachtete, kann auch die Zone I breiter sein als in dem oben mitgeteilten Falle.

### b) Methylharnstoffpermeabilität.

*Chiloscyphus rivularis.* Material vom „2. Stein".

**1,0 mol Methylharnstoff**

**Versuch 176.** Eingelegt $15^h 53' 30''$. 1. Blättchen. 8. V. 1944. T = $16\frac{1}{2}$ ° C.

| | | l | G | δg | Δ G |
|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1 | $16^h$ 01′ | 8,2 | 0,590 | | |
| h = 11,2 | 08′ | 9,0 | 0,661 | 0,01014 | 0,608 |
| b = 4,8 | 16′ | 9,4 | 0,698 | 0,00463 | 0,278 |
| | 25′ | 10,0 | 0,750 | 0,00578 | 0,346 |
| | 40′ 30″ | 11,0 | 0,839 | 0,00574 | 0,344 |
| Zelle 2 | $16^h$ 01′ 30″ | 9,9 | 0,648 | | |
| b = 10,5 | 08′ 30″ | 8,2 | 0,676 | 0,00400 | 0,240 |
| h = 3,3 | 17′ | 9,0 | 0,752 | 0,00894 | 0,536 |
| | 26′ | 9,7 | 0,820 | 0,00755 | 0,453 |
| | 41′ 30″ | 10,9 | 0,933 | 0,00729 | 0,437 |

Δ G-Werte für weitere Zellen:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 3: | 0,615; | 0,135; | 0,420. | Zelle 7: | 0,480: | 0,487. | |
| 4: | 0,737; | 0,108; | 0,487. | 8: | 0,240; | 0,413; | 0,148. |
| 5: | 0,185; | 0,445; | 0,193. | 9: | 0,473; | 0,288; | 0,244. |
| 6: | 0,232; | 0,593; | 0,120. | 10: | 0,345; | 0,253; | 0,099 |

**Versuch 174 A.** Eingelegt $14^h\,06'\,15''$. Blättchen.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1: | $h = 10$; | $b = 4{,}8$; | $14^h\,12'\,30''$, | $l_1 = 7{,}9$; | $28'\,30''$, | $l_2 = 9$; | $\Delta G = 0{,}413$. |
| 2: | $h = 10$; | $b = 5{,}1$; | $14^h\,13'$, | $l_1 = 8{,}3$; | $29'$, | $l_2 = 9$; | $\Delta G = 0{,}3$. |
| 3: | $h = 10{,}5$; | $b = 4{,}8$; | $14^h\,13'\,30''$, | $l_1 = 8{,}4$; | $30'\,30''$, | $l_2 = 9{,}9$; | $\Delta G = 0{,}42$. |

**Versuch 174 B.** 5. Blättchen.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zelle 1: | $h = 10$; | $b = 3{,}6$; | $14^h\,16'\,30''$, | $l_1 = 7'9$; | $34'\,30''$, | $l_2 = 9$; | $\Delta G = 0{,}367$. |
| 2: | $h = 8{,}5$; | $b = 3{,}9$; | $14^h\,17'$, | $l_1 = 7{,}5$; | $35'$, | $l_2 = 8{,}5$; | $\Delta G = 0{,}390$. |
| 3: | $h = 9$; | $b = 3{,}9$; | $14^h\,18'$, | $l_1 = 7{,}8$; | $35'\,30''$, | $l_2 = 9$; | $\Delta G = 0{,}449$. |

**Versuch 175.** Eingelegt $14^h\,59'\,30''$. 2. Blättchen.

$\Delta G$: Zelle 1: 0,55.
2: 0,756.
3: 1,095.
Zelle 4: 1,095.
5: 0,96.
6: 0,58.

**Versuch 177.** 3. Blättchen.

$\Delta G$: Zelle 1: 1,218.
2: 1,8.
3: 1,09.
Zelle 4: 3,045.
5: 2,14.

**Versuch 178.** 2. Blättchen.

$\Delta G$: Zelle 1: 0,805; 0,737; 0,666.
3: 1,14; 1,184; 0,985.
Zelle 2: 1,195; 0,216; 0,9.
4: 1,506; 0,105; 0,19.

**Versuch 179.** 6. Blättchen.

$\Delta G$: Zelle 1: 0,72.
2: 0,344.
3: 0,142; 0,32; 0,303; 0,566.
4: 0,187; 0,313; 0,486.
5: 0,423; 0,338; 0,846.
Zelle 6: 0,446; 0,372; 0,76.
7: 0,44.
8: 0,297.
9: 0,394; 0,294.
10: 0,202; 0,291; 0,694.

Bei den Methylharnstoffversuchen konnte ich bisher keine deutliche Zonung feststellen. Die höchsten Werte weist der Versuch 177 auf. Es handelt sich hier um das 3. Blättchen. Bei den Versuchen 175 und 178, die am 2. Blättchen unternommen wurden, liegen die Werte ebenfalls minimal höher als bei Versuchen am 1. und 6. Blättchen (Versuch 176, 179). Versuch 174 hingegen zeigte gleiche Permeabilität für die zweiten und fünften Blättchen vom selben Stämmchen. Somit muß die Frage der Zonung noch offengelassen werden. Die Methylharnstoffversuche wurden allerdings zu einer Zeit gemacht, da die Unterschiede in der Harnstoffpermeabilität zwischen der I. und II. Zone nicht mehr so groß waren als am Beginn. Zwischen der II. und III. Zone waren sie aber deutlich genug.

Im allgemeinen liegen die $\Delta G$-Werte zwischen 0,3 und 1,0.

### c) Glyzerinpermeabilität.

*Chiloscyphus rivularis.* Material vom „2. Stein“.

**1,0 mol Glyzerin**

**Versuch 180.** Eingelegt $12^h 16'$. 2. Blättchen. 4. V. 1944. $T = 16\frac{1}{2}{}^0$ C.

$12^h 57'$: 1. Blättchen keine Plasmolyse; ab 2. Blättchen schöne Plasmolyse.

1. Messung: $13^h 05' - 09'$; 2. Messung: $15^h 22' - 26'$; 3. Messung: $16^h 14' - 18'$.

Mittelwerte (7 Zellen): $h = 11,2$; $b = 5,4$; $l_1 = 8,7$; $l_2 - l_1 = 2$; bei der 3. Messung waren 3 Zellen bereits deplasmolysiert.

$$G_2 - G_1 = 0,199; \qquad \Delta G_{1-2} = 0,0735.$$

**Versuch 181 A.** Eingelegt $11^h 40'$. 1. Blättchen (1 a). 5. V. 1944. $T = 16\frac{1}{2}{}^0$ C.

1. Messung: $11^h 55' - 59'$; 2. Messung: $12^h 28' - 33'$.

Mittelw. (10 Z.): $h = 8,42$; $b = 3,75$; $l_1 = 6,94$; $l_2 - l_1 = 0,97$; $\Delta G_{1-2} = 0,1998$.

**Versuch 181 B.** 2. Blättchen (2 b).

1. Messung; $12^h 03' - 06'$; 2. Messung: $12^h 37' - 40'$; 3. Messung: $13^h 37' - 40'$; 4. Messung: $15^h 47' - 50'$; 5. Messung: $17^h 12' - 15'$.

Mittelwerte (7 Zellen): $h = 8,8$; $b = 4,07$; $l_1 = 6,24$; $l_2 - l_1 = 0,27$; $l_3 - l_2 = 0,3$; $l_4 - l_3 = 0,87$; $l_5 - l_4 = 0,65$.

$\Delta G_{1-2} = 0,0596$; $\Delta G_{2-3} = 0,0363$; $\Delta G_{3-4} = 0,0476$; $\Delta G_{4-5} = 0,0519$.

**Versuch 181 C.** Altes Blättchen.

1. Messung: $12^h 11' - 13'$; 2. Messung: $16^h 04' - 06'$; 3. Messung: $17^h 16' - 18'$.

Mittelwerte (5 Zellen): $h = 10,34$; $b = 5,7$; $l_1 = 7,9$; $l_2 - l_1 = 0,68$; $l_3 - l_2 = 0,3$; $\Delta G_{1-2} = 0,0190$. $\Delta G_{2-3} = 0,0215$.

Parallel mit diesem Versuch wurde ein zweites Stämmchen beobachtet und ebenfalls in den ersten Blättchen höhere Glyzerinpermeabilität als in den älteren festgestellt.

| Versuch | Blättchen | Zelle 1 | | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **182** 11. V. 1944 | 1 a | 1,350 | 1,080 | 1,194 | 1,121 | 0,583 |
| | | 0,273 | 0,398 | | | |
| **183 A** 11. V. 1944 | 1 a | 0,380 | 0,270 | 0,520 | 0,053 | 0,380 |
| | | 0,495 | 0,548 | 0,400 | 0,134 | 0,228 |
| | | | 0,487 | 0,338 | 0,240 | 0,060 |
| | | | 0,098 | 0,314 | | |
| **183 B** 11. V. 1944 | 3 a | 0,0234 | 0,0198 | 0 | 0,025 | 0 |
| | | 0,024 | 0,0048 | 0,008 | 0,047 | 0,006 |

Bei **Versuch 182** wurden weitere fünf Stämmchen beobachtet und überall schneller Rückgang in den ersten Blättchen und nur geringer in den übrigen festgestellt.

Die Glyzerinpermeabilität ist in den ersten Blättchen deutlich höher als in den übrigen. Sie scheint der niedrigeren Harnstoffdurchlässigkeit der Zone I zu entsprechen. Während die Δ G-Werte der 1. Blättchen zwischen 1,3 und 0,1 schwanken, liegen die der weiteren Blättchen unter 0,07. Mit zunehmendem Alter scheinen sie abzusinken. Unter 0,01 liegen nur zwei Werte. In den 1. Blättchen scheint die Permeabilität des Glyzerins am Beginn etwas höher zu sein als später. $\Delta G_{1-2}$ ist im Versuch 182 etwas höher als $\Delta G_{2-3}$ und als die Werte im Versuch 181. Im ersten Fall wurden die Messungen bereits nach $4^1/_2$ Minuten, im Versuch 181 erst nach 15 Minuten begonnen.

Ein zahlenmäßiger Vergleich der Permeabilitätskonstanten der drei verwendeten Diosmotika in den drei Zonen soll indes nach den bisherigen Versuchen noch nicht angestellt werden, da sich das Material während der Versuchszeit in seinem Permeabilitätsverhalten dem Harnstoff gegenüber etwas geändert hatte. Doch können folgende Beobachtungen als Ergebnis festgehalten werden:

Harnstoff tritt in verschieden alten Blättchen mit verschiedener Geschwindigkeit ein. Es lassen sich drei Zonen unterscheiden: Zone I, welche die jungen, noch im Streckungswachstum befindlichen Blättchen umfaßt, zeigt geringere Harnstoff- und höhere Glyzerinpermeabilität als die übrigen Blättchen. Zone II, der die erwachsenen Blättchen angehören, weist rapides Eindringen von Harnstoff auf. In Zone III, der die alten Blättchen zuzurechnen sind, ist die Harnstoffpermeabilität wieder gering. Glyzerin dringt im Bereich der Zonen II und III nur langsam ein, zeigt also mit zunehmendem Alter abnehmende Permeationsgeschwindigkeit. Für die Methylharnstoffpermeabilität der Zellen konnten bisher keine auffallenden Verschiedenheiten zwischen den drei Zonen festgestellt werden.

An *Chiloscyphus pallescens* war mir auch bereits eine ähnliche Zonung aufgefallen. Es liegen auch darüber Versuche vor, auf deren Wiedergabe ich indes verzichte.

*Pedinophyllum interruptum.* Das hübsche Material wurde mir von Prof. Höfler aus Golling mitgebracht, wo es an mäßig feuchten, schattigen Felsen des Gollinger „Irrgartens“ gesammelt war (vgl. Herzog und Höfler 1944, S. 51). Hier liegen mir eine Anzahl orientierender Harnstoffversuche vor, die eine Zonung, wie sie bei Chiloscyphus beobachtet wurde, erkennen lassen.

Ein sehr interessantes Objekt ist weiter *Calypogeia Neesiana*. Ich habe an diesem Moos, wie bereits besprochen, einen extremen Glyzerintypus gefunden. Das Glyzerin dringt in die älteren Blättchen 10mal schneller ein als der Harnstoff. Nun zeigte sich, daß die Glyzerinpermeabilität in den jüngeren Blättchen noch höher ist. Bei Verwendung einer 1,0-molaren Lösung konnte vom 2. bis ungefähr 5. Blättchen keine Plasmolyse beobachtet werden. Glyzerin drang hier anscheinend so rasch ein, daß es zu keiner Plasmolyse kommen konnte. Ein orientierender Versuch mit einer Mischlösung aus Glyzerin und Traubenzucker im Verhältnis 1 1, bei dem es auch in den jüngeren Blättchen zu Plasmolyse kam, zeigte im 4. Blättchen bedeutend raschere Rückdehnung als im 17.

***Calypogeia Neesiana.***

**1,0 mol Glyzerin + 1,0 mol Traubenzucker**

**Versuch 184A.** Eingelegt $7^h 07'$. 4. Blättchen. 14. X. 1944.

| Zelle | h | b | 1. Mess. | $l_1$ | 2. Mess. | $l_2$ | 3. Mess. | $l_3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 18,5 | 9,0 | $8^h 47'$ | 17,0 | $9^h 23'$ | 18,0 | $9^h 42'$ | 18,5 |
| 2 | 15,0 | 9,9 | 48′ 10″ | 13,0 | 25′ 10″ | 14,0 | 43′ 10″ | 14,5 |
| 3 | 16,0 | 9,6 | 49′ 10″ | 13,0 | 26′ 10″ | 14,5 | 44′ 10″ | 14,9 |
| 4 | 15,0 | 7,8 | 54′ 30″ | 13,0 | 29′ 30″ | 13,5 | 46′ 30″ | 14,0 |
| 5 | 17,0 | 8,1 | 55′ 20″ | 14,6 | 30′ 40″ | 15,8 | 47′ | 16,3 |
| 6 | 16,0 | 8,1 | 56′ | 14,0 | 32′ | 15,1 | 48′ | 15,4 |

$12^h 50'$: Im 4. Blättchen keine Plasmolyse mehr — die Zellen sehen vollkommen lebendig aus.

$13^h$: Vom 6. Blättchen an noch Plasmolyse; in den jüngeren Blättchen keine Plasmolyse.

$16^h 30'$: Ab 9. oder 10. Blättchen noch schwache Plasmolyse (nimmt mit dem Alter bis zu mittlerem Plasmolysegrad zu). Die ersten Blättchen zeigen etwas längere Zeit Plasmolyse als die zweiten bis fünften.

**Versuch 184B.** 17. Blättchen.

1. Messung: $8^h 21' - 26'$; 3. Messung: $12^h 54' - 58'$;
2. $9^h 34' - 39'$; 4. $16^h 33' - 37'$.

Mittelwerte (10 Zellen): $h = 14,93'$; $b = 7,26$; $l_1 = 11,65$; $l_2 - l_1 = 0,36$; $l_3 - l_2 = 0,66$; $l_4 - l_3 = 1,19$.

Dabei war die Harnstoffpermeabilität in allen Blättchen gleich niedrig.

Ähnlich bedeutsame Unterschiede zwischen jungen und alten Blättchen, wie ich sie bei den beiden *Chiloscyphus*-Arten, an *Pedinophyllum interruptum* für Harnstoff und an *Calypogeia Neesiana* für Glyzerin beobachten konnte, haben sich bei den anderen untersuchten Lebermoosen nicht ergeben. So liegen z. B. für *Aplozia cordifolia* (Harnstoffversuch 21 A, B), *Cephalozia bicuspidata* (Harnstoffversuch 26; 27 A, B; 28 A, B; 29 A, B, C; 30 A, B, C, D), *C. fissa* (Harnstoffversuch 42; 43 A, B), *Scapania dentata* (Glyzerinversuch 80, 81, 82) Versuche an verschieden alten Blättchen vor, deren Permeationswerte P′ keine wesentlichen Größenunterschiede erkennen lassen.

Geringe Differenzen zeigten sich indes bei zwei weiteren Moosen: an *Lophozia Hornschuchiana* (Harnstoffversuch 12 A, B; 13; 14 A, B): die P′-Werte des 3. Blättchens sind etwas niedriger als die des 11., 12., 15. Blättchens; an *Aplozia crenulata fo. gracillima* (Harnstoffversuch 17; 18 A, B): das 1. Blättchen zeigt etwas geringere Harnstoffpermeabilität als die älteren.

## IV. Rückblick und Zusammenfassung.

Mein Ziel war, das Permeabilitätsverhalten der Lebermooszellen an zahlreichen heimischen Arten vergleichend zu untersuchen. Es wurden 27 Arten geprüft. Die Blättchen und Thalli der Lebermoose erwiesen sich als besonders günstige zellphysiologische Objekte.

Ein großer Teil der Versuche galt der Harnstoffpermeabilität des Protoplasmas. Diese ist bei den Lebermoosen im allgemeinen recht niedrig. Die Stundenwerte der Permeationskonstanten schwanken meist zwischen P′ = 0,1 und 0,02. Verglichen mit den anderen Protoplasmen (siehe z. B. Hofmeister 1942) bedeutet dies eine recht niedrige Durchlässigkeit. Einige Objekte jedoch zeigten etwas höhere und einzelne sogar extrem hohe Harnstoffdurchlässigkeit.

Ein Vergleich der Permeationsgeschwindigkeit des Harnstoffs mit der von Methylharnstoff und Glyzerin zeigt uns, daß innerhalb der Klasse der Lebermoose das Verhältnis dieser drei Diosmotika zueinander starkem Wechsel unterliegt; Ähnliches ist bei Blütenpflanzen bereits bekannt. — Man kann also zunächst ebenfalls einen Harnstoff- und einen Glyzerintypus unterscheiden. An 19 Objekten wurde der Vergleich durchgeführt. Davon gehören Plasmen von vier Objekten dem Normaltypus an, solchen ausgeprägten Harnstofftypus zeigen das Grundgewebe von

*Dumortiera hirsuta,* Zellen der Blättchen von *Leptoscyphus anomalus, Gymnocolea inflata, Harpanthus Flotovianus*; Harnstoff permeiert hier 5- bis 10mal schneller als Glyzerin. Das herbstliche Material von *Calypogeia Neesiana* hingegen zeigt ausgeprägten, ja extremen Glyzerintypus, wobei die Überlegenheit des Glyzerins dem Harnstoff gegenüber hier noch wesentlich größer ist, als sie von *Rhoeo* oder sonst von Anthophytenzellen her bekannt war (Verhältnis bei *Rhoeo* bis 6 1, bei *Calypogeia Neesiana* 10 1, in jüngeren Blättchen noch höher). Zwischen diesen beiden Extremen stehen dann die Verhältniswerte, die ich bei einer Anzahl weiterer Objekte antraf: Einige zeigen nur schwache Überlegenheit des Harnstoffs (*Aplozia riparia var. rivularis, Cephalozia bicuspidata* — Zwergform, *Lophozia Mülleri, Aplozia sphaerocarpa, A. cordifolia*). Andere (*Aplozia riparia* sowie *Lophozia Wenzelii*) nahmen eine Mittelstellung ein, da hier Harnstoff nur ganz wenig schneller geht. Etwa gleich schnelle Permeation von Glyzerin und Harnstoff zeigen *Scapania dentata, Anthoceros punctatus* und die Epidermiszellen von *Dumortiera hirsuta*. Bei *Calypogeia sphagnicola* dringt Glyzerin schon deutlich rascher durchs Plasma als Harnstoff. Natürlich dürfen die gemessenen Verhältniszahlen nicht als Konstante der Plasmen gewertet werden, da jahreszeitliche und sonstige modifikative Schwankungen vorkommen.

Die Permeationskonstanten P′ liegen für Glyzerin in den meisten Fällen zwischen 0,04 und 0,01. Wesentlich überschritten wird dieser Mittelwert bei *Calypogeia Neesiana*, in schwächerem Maß auch bei *C. sphagnicola*.

Methylharnstoff dringt meist viel schneller ein als Harnstoff (5- bis 10mal). Die P′-Werte liegen ziemlich einheitlich zwischen 0,2 bis 0,6. Bei *Chiloscyphus rivularis* stiegen sie auch höher. Über dem Durchschnitt liegen sie auch bei *Gymnocolea inflata, Aplozia riparia, Cephalozia bicuspidata* und *Anthoceros punctatus*. Bei diesem Diosmotikum ist allerdings die Gefahr einer sekundären Erhöhung der Permeabilität größer als bei Harnstoff und Glyzerin; daher müssen besonders hohe Werte noch mit gewissem Vorbehalt betrachtet werden.

Eine rapide Harnstoffpermeabilität habe ich, ohne von Höflers (1945) gleichartigen Ergebnissen an *Chiloscyphus pallescens* zu wissen, an *Chiloscyphus rivularis* nachgewiesen. Die Blattzellen dieser Arten sind Vertreter des rapiden Harnstofftypus („*Gentiana Sturmiana*typ“) unter den Lebermoosen. Wenige andere (*Lophocolea heterophylla, Pedinophyllum interruptum*) scheinen sich anzuschließen.

Wesentlich verschieden von den vorher bekannten Zellobjekten (Epidermiszellen krautiger Blütenpflanzen) dieses Permeabilitätstyps ist *Chiloscyphus* durch die weitgehende Inkonstanz der Harnstoffdurchlässigkeit der gleichen Zellen. Die Moospolster wurden mehrfach frisch von einem kleinen Bächlein im Urgesteinsgebiet der Buckligen Welt, südöstliches N.-Ö., samt großen Bachsteinen, die ihre natürliche Unterlage bilden, eingebracht. Das Material von verschiedenen, zugleich eingeholten Steinen zeigte ein auffälliges, verschiedenes Verhalten. Der Harnstoff drang rapid oder nur recht langsam ein, und zwar jeweils in voll vitale Zellen. Die Moosstämmchen vom gleichen Stein verhielten sich meist gleich. Bei den rapid durchlässigen Blättchen permeiert der kleiner molare Harnstoff deutlich schneller als der besser lipoidlösliche, aber größer molare Methylharnstoff. P′ ist z. B. für Harnstoff 8,13, für Methylharnstoff 1,44. Bei morphologisch gleichen, langsam durchlässigen Bättchen permeiert der Methylharnstoff (wie beim Normaltyp) wesentlich schneller als der Harnstoff (P′ für Harnstoff 0,18 gegen 1,5 für Methylharnstoff). Das Glyzerin geht in beiden Fällen langsam.

Die Ätiologie solcher Unterschiede bleibt zum Hauptteil aufzuklären. In einem wesentlichen Punkt gelang mir aber die Klärung. Wo der rapide Typ auftrat, ließ sich eine altersgemäße Zonung am einzelnen Stämmchen beobachten:

Zone I umfaßt die halb- und jungerwachsenen Blättchen (meist Bl. 1 a und 1 b, vgl. Abb. 4, S. 571), zeigte langsame Permeation des Harnstoffs und raschere des Methylharnstoffs.

Zone II: Ihr gehören die erwachsenen Blättchen (meist die zweiten und dritten Bl.) an. Es ist dies die Zone, die mit ihrer hohen Harnstoffpermeabilität dem *Gentiana-Strumiana*-Typ entspricht. Methylharnstoff permeiert langsamer als Harnstoff.

Zone III umfaßt die älteren Blättchen und weist wieder langsame Permeabilität von Harnstoff und schnellere von Methylharnstoff auf.

Der Übergang von Zone I zu II ist schroffer als der von II zu III. Eine vergleichbare Zonung hat Marklund (1936) an *Elodea densa* nachgewiesen.

Die Zone rapider Harnstoffpermeation ist bei verschiedenen *Chiloscyphus*-Materialien ungleich breit, so daß sie zahlreiche oder nur wenige Blättchen des Stämmchens umfaßt. Glyzerin permeiert im allgemeinen langsam; in den obersten Blättchen konnte jedoch bemerkenswerterweise ein rascheres Eindringen beobachtet werden. Es dürfte der langsameren Permeation des Harnstoffs in

Zone I entsprechen. An zwei Antheridien führenden Materialien waren die ganzen Stämmchen für Harnstoff sehr wenig durchlässig.

Einer der überraschendsten Befunde war die Feststellung extrem hoher Glyzerinpermeabilität am herbstlichen Material von *Calypogeia Neesiana.* Bei den vordem bekannten (Blütenpflanzen-) Plasmen vom Glyzerintypus ist die absolute Durchlässigkeit doch stets gering; bei jugendlichen *Rhoeo*zellen ist sie nach R u g e noch geringer als bei erwachsenen. Das — noch näher zu studierende — Verhalten bei *Calypogeia* scheint daher einen neuen Permeationstyp darzustellen, für den Vergleichbares sonst noch nicht bekannt ist.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß bei den Lebermoosen — so wie bei den anderen Zellsorten — der Harnstoff- und der Glyzerintypus der Plasmapermeabilität auftreten. Die einzelnen Zellobjekte zeigen entweder wohl ausgeprägt den einen oder anderen Typus oder sie nehmen eine Zwischenstellung ein. Von besonderem Interesse sind *Chiloscyphus rivularis* und *pallescens* mit ihrem Wechsel vom rapiden Harnstofftypus zum Normaltypus und die Feststellung einer einzigartig hohen Glyzerinpermeabilität bei *Calypogeia Neesiana.*

Die Frage, von der die Untersuchung ausging, wird dahin beantwortet, daß innerhalb der Klasse der Lebermoose verschiedene von den Haupttypen der Plasmapermeabilität vertreten sind, nämlich der Normaltypus, der rapide Harnstofftypus und der Glyzerintypus; dazu kommt ein neuartiger rapider Glyzerintyp. Der Diatomeentyp (hohe Zuckerdurchlässigkeit) und der Beggiatoa-Oscillatoria-Typ (Porensiebwirkung) scheint zu fehlen.

Meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. Karl H ö f l e r bin ich für die Anregung zu dieser Arbeit und seine ständige Hilfsbereitschaft zu großem Dank verpflichtet.

## Literatur.

B ä r l u n d. H., 1929: Permeabilitätsstudien an Epidermiszellen von Rhoeo discolor. Acta bot. Fenn., Bd. 5, S. 1.

B o g e n H. J., 1937: Über die Ursachen der Unterschiede in der „spezifischen" Harnstoffpermeabilität. (Vorl. Mitteilung.) Planta, 27. 611—614.

— 1938: Untersuchungen zu den spezifischen Permeabilitätsreihen Höflers. II. Harnstoff und Glyzerin. Planta, Bd. 28, S. 535.

— 1940: Untersuchungen über den Quellungseffekt permeierender Anelektrolyte. I. Ionenwirkungen auf die Permeabilität von Rhoeo discolor. Zeitschr. f. Bot., Bd. 36, S. 65.

Bogen, H. J., 1941: Desgl. II. Ionenwirkungen auf die Permeabilität von Gentiana cruciata. Planta, Bd. 32, S. 150.

Bonte, H., 1934: Vergleichende Permeabilitätsstudien an Pflanzenzellen. Protoplasma, Bd. 22, S. 209.

Brooks, S. C. and Mathilda Moldenhauer Brooks, 1941: The Permeability of living Cells. Protoplasma, Monographien, Bd. 19. Borntraeger, Berlin.

Collander, R., 1930: Permeabilitätsstudien an Chara ceratophylla. I. Die normale Zusammensetzung des Zellsaftes. Acta bot. Fenn., Bd. 6, S. 1.

— 1932: Permeabilität. Handwörterbuch d. Naturwiss., 2. Aufl., 7, S. 804.

— 1937: Einige neuere Ergebnisse und Probleme der botanischen Permeabilitätsforschung. Schriften d. Phys.-ökon. Ges. zu Königsberg, Bd. 69, S. 251.

— 1942: Diffusion und adenoide Tätigkeit bei der Ionenaufnahme pflanzlicher Zellen. Die Naturwissenschaften, 30. Jahrg., H. 32. Springer, Berlin.

— und Bärlund, H., 1926: Über die Protoplasmapermeabilität von Rhoeo discolor. Soc. Scient. Fenn. Comment. Biol., Bd. 2, Nr. 9.

— — 1933: Permeabilitätsstudien an Chara ceratophylla. II. Die Permeabilität für Nichtelektrolyte. Acta bot. Fenn., Bd. 11, S. 2.

Dawson, H. und Danielli, 1943: The Permeability of Natural Membrans. Cambridge.

Elo, J. E., 1937: Vergleichende Permeabilitätsstudien, besonders an niederen Pflanzen. Anal. bot. Soc. Zool.-Bot, Fenn., Bd. 8, Nr. 6.

— 1939: Zur Kenntnis der Permeabilitätseigenschaften von Hippuris vulgaris L. Protoplasma, Bd. 32, S. 423.

Fitting, H., 1919: Untersuchungen über die Aufnahme und über anomale osmotische Koeffizienten von Glyzerin und Harnstoff. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 59, S. 1.

Ganzinger, K., 1939: Vergleichende Untersuchungen über die schädigende Wirkung von Hexamethylentetramin auf pflanzliche Zellen und über sein Permeiervermögen. Biologia Generalis, Bd. 14, S. 578.

Herzog Th. und Höfler K., 1944: Kalkmoosgesellschaften um Golling. Hedwigia, Bd. 82, Heft 1/2.

Höber, R., 1926: Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. 6. Auflage. Leipzig.

Höfler, K., 1918 a: Eine plasmolytisch-volumetrische Methode zur Bestimmung des osmotischen Wertes von Pflanzenzellen. Denkschr. d. Kais. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., I. Abt., 95, S. 99.

— 1918 b: Die plasmolytisch - volumetrische Methode und ihre Anwendbarkeit zur Messung des osmotischen Wertes lebender Pflanzenzellen. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 35, S. 706.

1918 c: 1. Permeabilitätsbestimmung nach der plasmometrischen Methode. 2. Über die Permeabilität der Stengelzellen von Tradescantia elongata für Kalisalpeter. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 36, S. 414.

1926: Über die Zuckerpermeabilität plasmolysierter Protoplaste. Planta, Bd. 2, S. 454.

— 1931: Das Permeabilitätsproblem und seine anatomischen Grundlagen. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 49, S. (79).

— 1934 a: Neuere Ergebnisse der vergleichenden Permeabilitätsforschung. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 52, S. 355.

Höfler, K., 1934b: Permeabilitätsstudien an Stengelzellen von Majanthemum bifolium. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., I. Abt., Bd. 143, S. 213.

— 1936: Permeabilitätsunterschiede in verschiedenen Geweben einer Pflanze und ihre vermutlichen chemischen Ursachen. Mikrochemie (Molisch — Festschrift), S. 224.

— 1937: Spezifische Permeabilitätsreihen verschiedener Zellsorten derselben Pflanze. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 55, S. (133).

— 1940: Aus der Protoplasmatik der Diatomeen. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 58, S. 197.

— 1942: Unsere derzeitige Kenntnis von den spezifischen Permeabilitätsreihen. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 60, Heft 2, S. 179.

— 1945: Einige Permeabilitätsversuche an Lebermoosen. „Anzeiger" d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. vom 8. März 1945 (Jahrg. 1945, Nr. 3).

Höfler, K., und Stiegler, A., 1921: Ein auffälliger Permeabilitätsversuch in Harnstofflösung. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 39, S. 157.

— — 1930: Permeabilitätsverteilung in verschiedenen Geweben einer Pflanze. Protoplasma, 9, S. 469.

Hofmeister, L., 1935: Vergleichende Untersuchungen über spezifische Permeabilitätsreihen. Bibliotheca Botanica, Heft 113.

— 1938: Vergleichende Permeabilitätsreihen bei einer und derselben Zellsorte von Ranunculus repens. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 86, S. 401.

— 1942: Die Permeabilität pflanzlichen Protoplasmas für Anelektrolyte. Tabulae Biologicae (Sonderband, H. Handovsky, Die Zelle). Im Haag.

Hurch, H., 1933: Beiträge zur Kenntnis der Permeabilitätsverteilung in den verschiedenen Geweben des Blattes. Beih. d. Bot. Centralbl., Abt. I, Bd. 50, S. 211.

Klebs, G., 1888: Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. Untersuchungen aus dem Bot. Institut zu Tübingen. II., S. 489.

Kreuz, J., 1941: Der Einfluß von Kalzium und Kalziumsalzen auf die Permeabilität des Protoplasmas für Harnstoff und Glyzerin. Österr. Bot Zeitschr., Bd. 90, S. 1.

Marklund, G., 1936: Vergleichende Permeabilitätsstudien an pflanzlichen Protoplasten. Acta bot. Fenn., Bd. 18, S. 1.

Meindl, J., 1934: Weitere Beiträge zur protoplasmatischen Anatomie des Helodea-Blattes. Protoplasma, Bd. 21, S. 362.

Moder, A., 1932: Beiträge zur protoplasmatischen Anatomie des Helodea-Blattes. Protoplasma, Bd. 16, S. 1.

Mond, R. und Hoffmann, C., 1929: Untersuchungen über die Permeabilität der Knorpelzellen. Pflügers Arch., Bd. 221, S. 460.

Müller, K., 1912: Die Lebermoose, Rabenhorst, 8, Kryptogamenflora. Verlag Kummer, Leipzig.

— 1938: Die Lebermoose. Ergänzungsband zu Rabenhorsts Kryptogamenflora. Akad. Verlagsgesellschaft, Leipzig.

— 1939: Untersuchungen über die Ölkörper der Lebermoose. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 57, S. 326.

Nees von Esenbeck, Chr., 1936: Naturgeschichte der europäischen Lebermoose. Verlag Rücker, Berlin.

Overton, E., 1895: Über die osmotischen Eigenschaften der lebenden Pflanzen- und Tierzelle. Vierteljahrschrift d. Naturf. Ges. Zürich, Bd 40, S. 159.
— 1899: Über die allgemeinen osmotischen Eigenschaften der Zelle, ihre vermutlichen Ursachen und ihre Bedeutung für die Physiologie. Ebd., Bd. 44, S. 88.
Pecksieder, E., 1945: Permeabilitätsstudien an Lebermoosen. „Anzeiger“ d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl. vom 8. März 1945 (Jahrg. 1945, Nr. 3).
Rottenburg, W., 1943: Die Plasmapermeabilität für Harnstoff und Glyzerin in ihrer Abhängigkeit von der Wasserstoffionenkonzentration. Flora, Neue Folge 37, S. 231.
Ruge, U., 1943: Permeabilitätsstudien an jungen und ausdifferenzierten Zellen des Rhoeo-Blattes. Planta 33, S. 589.
Ruhland, W., 1912: Studien über die Aufnahme von Kolloiden durch die pflanzliche Plasmahaut. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 51, S. 376.
— 1914: Weitere Beiträge zur Kolloidchemie und physikalischen Chemie der Zelle. Ebenda, Bd. 54, S. 391.
— und Hoffmann, C., 1925: Die Permeabilität von Beggiatoa mirabilis. Ein Beitrag zur Ultrafiltertheorie des Plasmas. Planta, Bd. 1, S. 1.
Schiffner, V., 1901—1941: Hepaticae europaeae exsicatae.
Schmidt, H., 1933: Die Bestimmung der normalen Plasmadurchlässigkeit. Staatsexamenarbeit, Darmstadt.
— 1936: Plasmolyse und Permeabilität. Jahrb. wiss. Bot., Bd. 86, S. 470.
— 1939: Plasmazustand und Wasserhaushalt bei Lamium maculatum. Protoplasma, Bd. 33, S. 25.
Schönfelder, S., 1931: Weitere Untersuchungen über die Permeabilität von Beggiatoa mirabilis, nebst kritischen Ausführungen zum Gesamtproblem der Permeabilität. Planta, Bd. 12, S. 414.
Strugger, S., 1934: Beiträge zur Physiologie des Wachstums. I. Zur protoplasmaphysiologischen Kausalanalyse des Streckungswachstums. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 79, S. 406.
1935: Praktikum der Zell- und Gewebephysiologie der Pflanze. Berntraeger, Berlin.
De Vries, H., 1888: Über den isotonischen Koeffizienten des Glyzerins. Bot. Zeitung, Bd. 46, S. 229, 245.
— 1888: Über eine neue Anwendung der plasmolytischen Methode. Ebenda, S. 393.
— 1889: Über die Permeabilität der Protoplasten für Harnstoff. Bot. Zeitung, Bd. 47, S. 309, 325.
Weber, F., 1925: Physiologische Ungleichheit bei morphologischer Gleichheit. Österr. bot. Zeitschr., Bd. 74, S. 256.
— 1931 a: Harnstoffpermeaabilität ungleich alter Spirogyrazellen. Protoplasma, Bd. 12, S. 129.
— 1931 b: Harnstoffpermeabilität ungleich alter Stomatazellen. Ebenda, Bd. 14, S. 75.
Wilbrandt, W., 1931: Vergleichende Untersuchungen über die Permeabilität pflanzlicher Protoplasten für Anelektrolyte. Pflügers Arch., Bd. 229, S. 86.
Will-Richter, G., 1944: Der osmotische Wert der Lebermoose. Dissertation der philosophischen Fakultät der Universität Wien.
Zehetner, H., 1934: Untersuchungen über die Alkoholpermeabilität des Protoplasmas. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 80, S. 505.

## Verzeichnis der Versuche, nach Moosen geordnet.

*Anthoceros punctatus:*
Versuch Nr. 4, 76, 77.

*Aplozia cordifolia:*
Versuch Nr. 21, 63, 64.

— *crenulata fo. gracillima:*
Versuch Nr. 17—19.

— *riparia:*
Versuch Nr. 1, 45—47.

— — *var. rivularis:*
Versuch Nr. 22, 65, 66.

— *sphaerocarpa*:
Versuch Nr. 20, 61, 62.

*Calypogeia fissa:*
Versuch Nr. 42, 43.

— *Neesiana:*
Versuch Nr. 31—37, 83-87, 184.

— *sphagnicola:*
Versuch Nr. 38, 39, 88, 89.

— *Trichomanis:*
Versuch Nr. 40, 41.

*Cephalozia bicuspidata:*
Zwergform: Versuch Nr. 26, 27, 70—73.
Größere Form: Versuch Nr. 28 bis 30.

*Chiloscyphus pallescens:*
Versuch Nr. 116—137.

*Chiloscyphus rivularis:*
Versuch Nr. 90—115, 145—183.

*Dumortiera hirsuta*
Epidermis: Versuch Nr. 9, 78.
Grundgewebe: Versuch Nr. 5—8, 50, 51.

*Gymnocolea inflata:*
Versuch Nr. 16, 58—60.

*Harpanthus Flotovianus:*
Versuch Nr. 3, 48, 49.

*Lejeunea cavifolia:*
Versuch Nr. 44.

*Leptoscyphus anomalus:*
Versuch Nr. 23, 67—69.

*Lophocolea heterophylla:*
Versuch Nr. 138—144.

*Lophozia Hornschuchiana:*
Versuch Nr. 12—14.

— *Mülleri:*
Versuch Nr. 15, 52—57.

— *Wenzelii:*
Versuch Nr. 2, 74, 75.

*Pedinophyllum interruptum*:
Siehe S. 575.

*Pellia epiphylla:*
Versuch Nr. 10, 11

*Scapania dentata:*
Versuch Nr. 24, 25, 79—82.